PARIJS

Année 1973 N°

UNIVERSITE RENE DESCARTES

FACULTE NECKER-ENFANTS-MALADES

64

THESE

POUR LE

DOCTORAT EN MEDECINE

(Diplôme d'Etat)

PAR

Alain BAULON

NE LE 14 MARS 1941 A CHALONS SUR MARNE

Interne des Hôpitaux de Paris

Presentée et soutenue publiquement le 1973

CORRELATION ENTRE LES DONNEES DES ENREGISTREMENTS MECANIQUES EXTERNES ET LES VALEURS DES PRESSIONS CARDIAQUES DROITES

ETUDE STATISTIQUE

PRESIDENT : MONSIEUR JEAN DI MATTEO, PROFESSEUR.

Editions de l'A.G.E.M.P.

8, Rue Dante - PARIS Ve

Année 1973 N°

UNIVERSITE RENE DESCARTES

FACULTE NECKER-ENFANTS-MALADES

THESE

POUR LE

DOCTORAT EN MEDECINE

(Diplôme d'Etat)

PAR

Alain BAULON

NE LE 14 MARS 1941 A CHALONS SUR MARNE

Interne des Hôpitaux de Paris

Presentée et soutenue publiquement le 1973

CORRELATION ENTRE LES DONNEES DES ENREGISTREMENTS MECANIQUES EXTERNES ET LES VALEURS DES PRESSIONS CARDIAQUES DROITES

ETUDE STATISTIQUE

PRESIDENT : MONSIEUR JEAN DI MATTEO, PROFESSEUR.

Editions de l'A.G.E.M.P.
8, Rue Dante - PARIS V[e]

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

A mes Parents

A la mémoire de mon Père

A ma Femme

A mon Fils

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548019_0017

A Monsieur le Professeur Jean DI MATTEO

qui m'a confié ce travail et m'a fait l'honneur de présider cette thèse.

Qu'il veuille bien trouver ici le témoignage de ma reconnaissance.

Au Docteur R. GILLES, aux médecins de l'équipe de phonomécanocardiographie de la Clinique Cardiologique de l'Hôpital Necker sans lesquels ce travail n'aurait pas été possible.

Au Docteur J. FERMANIAN, du Centre de Calcul et Statistiques du C.H.U. Pitié-Salpétrière, qui aimablement nous a guidé pour l'analyse statistique de nos résultats.

A nos Maîtres d'Internat,

Monsieur le Professeur E. HOUSSET

Monsieur le Professeur M. DEPARIS

Monsieur le Professeur J. HIMBERT (in memoriam)

Monsieur le Professeur G. LAGRUE

Monsieur le Professeur J. DI MATTEO

Monsieur le Professeur Ch. DUBOST

Monsieur le Professeur J. FACQUET

en témoignage de notre gratitude et de notre attachement.

A nos Maîtres d'Externat,

Monsieur le Professeur M. ROUX

Monsieur le Professeur J. DELARUE (in mémoriam)

Monsieur le Professeur F. LHERMITTE

Monsieur le Docteur J. SALET

Monsieur le Professeur P. BREGEAT

Monsieur le Professeur A. SARRAZIN

A ceux qui nous ont enseigné tout au long de notre Internat,

Monsieur le Professeur Agrégé Ph. AUZEPY

Monsieur le Professeur G. MANIGAND

Monsieur le Professeur Agrégé Bertrand WEIL

Monsieur le Professeur Agrégé A. VACHERON

Monsieur le Professeur Agrégé Y. GROSGOGEAT

Monsieur le Professeur Agrégé R.A. GUERIN

A ceux qui nous ont fait partager leurs connaissances,

Madame le Docteur I. EMERIT

Monsieur le Docteur O. BOUSQUET

Monsieur le Docteur P.L. THIROLOIX

Monsieur le Docteur A. FOURNIER

Monsieur le Docteur J. DAUPTAIN

Monsieur le Docteur J.M. BRIOTET

Monsieur le Docteur F. DIAMAND-BERGER

Monsieur le Docteur J.M. VACHON

A mes Conférenciers,

Monsieur le Professeur Agrégé J. QUEVAUVILLIERS

Monsieur le Docteur C. PELISSIER

Monsieur le Professeur Agrégé A. CARPENTIER

Meis et amicis

P L A N

I - INTRODUCTION

II - MATERIEL

1 - Choix d'une population, critères d'inclusions dans l'échantillon étudié :

a - la cardiopathie

b - les enregistrements mécaniques et le cathétérisme.

2 - Les enregistrements mécaniques externes :

a - appareillage utilisé

b - technique d'enregistrement

c - morphologie du jugulogramme

d - limites de la technique

- chronologie du tracé
- les artéfacts.

III - METHODES

1 - Pression systolique artérielle pulmonaire et jugulogramme. Rappel des travaux précédents.

2 - Notre recherche de valeurs significatives du mécanogramme.

3 - Notre recherche d'une corrélation entre les résultats des enregistrements externes et du cathétérisme :

- les valeurs choisies
- l'exploitation des données.

IV - RESULTATS

1 - Description de notre échantillon

- âge
- sexe
- cardiopathie.

2 - Application à ces sujets des corrélations antérieurement proposées.

3 - Etude de cet échantillon avec notre méthode.
Exploitation statistique des résultats, calcul des droites de régression :

a - selon la pression systolique du ventricule droit :

- orifice pulmonaire normal
- les rétrécissements pulmonaires orificiels,

b - selon la pression systolique artérielle pulmonaire.

4 - Commentaires.

V - CONCLUSIONS

VI - BIBLIOGRAPHIE.

INTRODUCTION

Les enregistrements mécaniques externes représentent en cardiologie une méthode d'exploration peu traumatisante, fiable dans la plupart des cas si l'on observe un minimum de précautions lors de l'enregistrement.

Si cette méthode n'est plus contestée dans l'étude des cardiopathies gauches, l'intérêt porté aux tracés veineux jugulaires apparaît plus mitigé, conséquence d'une technique d'enregistrement plus délicate.

Les relations pouls jugulaire et oreillette droite sont connues depuis longtemps puisqu'explicitées dès 1886 par L. FREDERICQ (14) ; quelques années plus tard J. MACKENZIE (24) décrit les différents accidents du jugulogramme ; en 1928, C.J. WIGGERS (33) compare les pressions jugulaire et auriculaire droites ; plus récemment enfin, H. HARTMAN (19), A. KESTELOOT et coll. (22) apportent de nouveaux arguments et comparent l'hémodynamique d'une part, mécanogramme et électrocardiogramme d'autre part.

L'enregistrement simultané de l'électrocardiogramme, du phonocardiogramme et de la courbe veineuse jugulaire permet de situer chaque instant de la révolution cardiaque.

Les modifications pariétales de la veine jugulaire traduisent en fait des variations de pression et de nombreux auteurs ont cherché à quantifier sur le jugulogramme la pression systolique artérielle pulmonaire.

L. BURSTIN (6-7) proposa le premier une "corrélation" entre les données des enregistrements mécaniques externes et les données du cathétérisme.

Ces quelques remarques ont amené à réaliser cette étude pour laquelle nous avions à notre disposition les dossiers des ma-

lades hospitalisés dans le Service de Clinique Cardiologique du Professeur Jean DI MATTEO à l'Hôpital Necker. L'indication d'un cathétérisme avait été portée chez tous ces malades ; dans chacun des cas, l'exploration hémodynamique fut complétée par des enregistrements mécaniques externes.

L'analyse de 76 observations, dont les premières remontent à 1969, nous a permis d'en retenir 43.

Les 33 dossiers éliminés concernaient des malades présentant :

1 - Une arythmie complète par fibrillation auriculaire qui modifie l'aspect de la courbe veineuse,

2 - une pathologie tricuspidienne associée (rétrécissement ou insuffisance) où la courbe veineuse jugulaire apparaît déformée et difficile à interpréter,

3 - un mixage du tracé jugulaire par le pouls carotidien.

Au terme de cette sélection, nous avons recherché des valeurs du mécanogramme susceptibles d'être liées aux pressions règnant dans les cavités droites.

L'exploitation statistique de ces résultats sera précédée par l'exposition de notre matériel puis de nos méthodes d'étude.

II - MATERIEL

Avant de détailler les différentes phases du jugulogramme, nous reviendrons brièvement sur nos critères d'inclusion des malades dans l'échantillon étudié. Nous analyserons ensuite les travaux publiés antérieurement dans lesquels les auteurs se sont efforcés de déterminer les pressions droites par le biais des mécanogrammes.

1 - Choix de notre échantillon, critères d'inclusion dans l'étude :

a - Les cardiopathies de tous types pouvaient entrer dans le cadre de ce travail.

Chaque enregistrement doit obligatoirement remplir les conditions suivantes :

- sujets en rythme sinusal,
- indemnes d'insuffisance cardiaque,
- indemnes d'atteinte tricuspidienne.

Le nombre relativement restreint des courbes étudiées fait apparaître le caractère "privilégié" des observations retenues.

Ces critères éliminent de nombreuses valvulopathies, notamment les atteintes mitrales en fibrillation auriculaire ; ils rendent compte de la rareté des fortes hypertensions artérielles pulmonaires au sein d'un tel échantillon. Enfin, toutes nos pressions auriculaires droites se situent dans les limites de la normale.

b - Enregistrement mécaniques externes et cathétérisme devaient avoir été pratiqués dans les délais les plus courts possible. Pour la majorité de nos sujets, quatre jours ou moins séparaient ces deux examens. Nous nous étions fixé un intervalle de trois semaines, limite atteinte exceptionnellement.

Ces deux examens furent tous pratiqués dans le laboratoire d'hémodynamique et dans le laboratoire de Phonomécanographie de la clinique Cardiologique de l'Hôpital Necker.

Si l'appareillage et la technique d'enregistrement furent identiques chez tous nos sujets, les mécanogrammes ont été réalisés par des personne différentes. On est ainsi plus proche des conditions de pratique courante.

2 - Les enregistrements mécaniques externes :

a - Appareillage utilisé :

les enregistrements ont été réalisés avec un appareil MINGOGRAPH "Cardirex 31" EM 126 E à trois canaux équipé de galvanomètres à inscription directe par jet d'encre, possédant des constantes de temps de l'ordre de 3 secondes. Cet appareil permet l'enregistrement simultané d'un tracé électrocardiographique de référence (D_2) sur le canal du haut, et de deux courbes phonocardiographiques ou piézographiques au choix.

Le microphone est un système électro-dynamique enregistrant les vibrations pariétales par l'intermédiaire d'un volume d'air élevés entre le boitier et la paroi. Le capteur de pouls est du type transducteur à cristal EMT 510.

La répartition du son se fait par l'intermédiaire de filtres sélectionnant quatre bandes de fréquences :

- bande n° 1 : 20 à 50 Hz ou basses fréquences,
- bande n° 2 : fréquences audibles,
- bande n° 3 : 100 Hz ou moyennes fréquences,
- bande n° 4 : 400 Hz ou hautes fréquences,

la vitesse de déroulement est de 50 mm. seconde. La synchronisation des différentes bandes d'enregistrement est soi-

gneusement règlée, le phonocardiogramme de référence est enregistré au 3ème espace intercostal gauche.

b - Technique d'enregistrement

La technique utilisée par les différents manipulateurs fut celle inspirée des travaux de H. HARTMAN (17 - 18).

La difficulté d'enregistrement du pouls veineux jugulaire impose une méthode encore plus rigoureuse que celle des enregistrements artériels ; un contrôle sur oscilloscope apparaît d'une grande utilité et permet l'obtention de courbes correctes avec une plus grande régularité.

En pratique, plusieurs précautions doivent être observées :

α - le sujet étant en décubitus dorsal complet, l'opérateur se place à sa droite,

β - la tête est tournée vers la gauche, la capteur est posé entre les deux chefs du sternocleido-mastoïdien de telle sorte que la face sensible soit orientée vers le diaphragme, repoussant en dedans les pulsations carotidiennes.

γ - On demande alors au patient de tourner légèrement la tête vers la droite. Cette manoeuvre a pour but d'éviter une contraction gênante du sternocléido-mastoïdien.

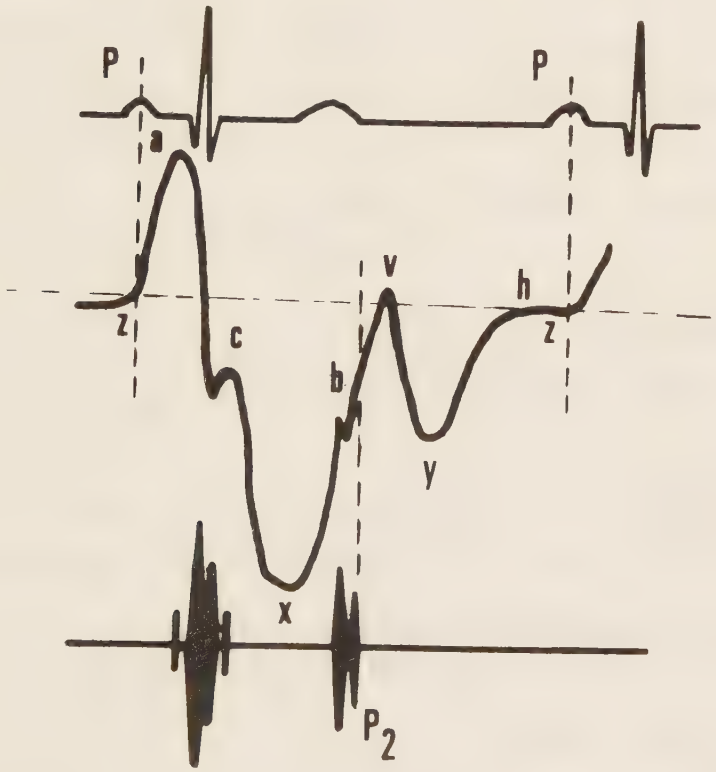
Le tracé est enregistré en apnée expiratoire normale. Ainsi le capteur enregiste au mieux les variations de volume du confluent de Pirogoff.

c - Morphologie de la courbe obtenue (1 - 12 - 18 - 28 29)

Nous n'étudierons que la tracé du pouls veineux jugulaire en rythme sinusal.

Le jugulogramme peut être décomposé en quatre ondes positives : a, c, v, h et deux ondes négatives x et y.

L'étude chronologique des différents accidents de la courbe permet de rendre compte des modifications hémodynamiques auriculaires droites.



- Le jugulogramme normal

(d'après A. SERRADIMIGNI et coll.)

α - L'onde a : est due à la contraction auriculaire droite. C'est une onde positive, la plus élevée du tracé, elle suit de 5 à 8/100e de seconde le sommet de l'onde P.

β - L'onde c : est une onde également positive ; située sur la pente descendante de l'onde a , elle correspond au dé-

but de la contraction ventriculaire droite et à la fermeture tricuspidienne. Le bombement de la valve tricuspide dans l'oreillette droite serait à l'origine de cet accident.

γ - L'onde x : survient pendant la systole ventriculaire droite, elle apparaît contemporaine de l'attraction du plancher auriculaire vers la pointe et de la relaxation de l'oreillette pendant laquelle se produit le remplissage auriculaire.

Cette "rétraction systolique" précède B_2 de 9/100e de seconde.

δ - L'onde v , positive, est la résultante de trois phénomènes hémodynamiques :

- l'augmentation de la pression auriculaire droite du fait de la poursuite du remplissage, tandis que la tricuspide est encore fermée ;

- l'ouverture de la tricuspide se situe au sommet de l'onde v ou, plus rarement, tout de suite après ; elle est alors responsable d'un décrochage de la pente après le sommet de v ;

- la vidange auriculaire droite est responsable de la partie descendante de l'onde v.

ε - Le creux y , marque la fin du remplissage rapide et passif du ventricule droit. Ce "collapsus" diastolique est moins profond que la rétraction systolique "x".

ζ - L'onde h, fait suite à la dépression y ; cette lente ascension témoigne du remplissage lent du ventricule.

Elle est suivie d'une ligne plus ou moins horizontale qui s'interrompt avec le début de l'onde a du cycle suivant. Cette période de stase auriculo-ventriculaire disparaît dans les tachycardies.

η - L'appréciation des amplitudes en rythme sinusal se fait après avoir tracé une ligne de base obtenue en joignant les points du jugulogramme synchrones du milieu de l'onde P ; ces points

de la courbe sont appelés "Z" par A.A. EGGINK (10) et correspondraient à l'instant où les parois veineuses sont le moins sollicitées par leur contenu ; l'onde a leur fait suite.

d - Limites de la technique

1° - L'utilisation du jugulogramme comme tracé de repérage chronologique est discutée.

Il existe un temps de transmission important entre la survenue des phénomènes auriculaires droits et la survenue des modifications pariétales jugulaires. H. DENOLIN et O.POLIS (9 - 27) ont estimé les divers intervalles de leur série d'enregistrements à :

- 3,5 et 9,5/100 de sec. pour le pied de l'onde a,
- 4,3 et 10,5/100 de sec. pour le pic de l'onde a,
- 0,2 et 17,8/100 pour le creux x,
- 4,3 - 13,4/100 pour l'onde v,
- 4,9 - 20/100 pour le creux y,

L'onde a se transmet plus vite que les autres accidents. Mais M. BORY (4) estime que les imprécisions chronologiques ne sont qu'apparentes. Si l'onde a jugulaire s'inscrit plus tardivement que l'onde a auriculaire, l'ouverture tricuspidienne s'inscrit de façon synchrone sur le jugulogramme (onde v), sur la courbe de pression auriculaire droite et dans tout le système veineux. Seul mécanogramme pouvant explorer le coeur droit, le jugulogramme, s'il est analysé raisonnablement, doit permettre une estimation assez exacte de l'hémodynamique droite.

2° - De nombreux tracés s'avèrent ininterprétables d'emblée :

- Un mixage avec le pouls carotidien en est la cause la plus fréquente. Deux anomalies caractéristiques permettent d'é-

voquer ce "parasitage" : une onde c plus haute de l'onde a et un creux x contemporain de B_2 (il peut même être situé après B_2) ,

- Une non coopération du sujet,
- des anomalies morphologiques,

sont également à l'origine de tracés défectueux ; l'aspect du jugulogramme s'éloigne alors très nettement du tracé de référence (cf. page 8).

III - METHODES

La recherche d'une liaison entre l'aspect des enregistrements mécaniques externes et la pression artérielle pulmonaire a suscité plusieurs travaux que nous nous proposons d'exposer avant d'envisager les particularités de notre étude.

1 - Pression systolique artérielle pulmonaire et jugulogramme

a - H.A. SNELLEN (31 - 32) et H. HARTMAN (17 - 18) montrent que dans l'hypertension pulmonaire, la distance séparant la composante pulmonaire du second bruit et le sommet de l'onde v est plus grande que chez les sujets à pression pulmonaire normale ou basse.

b - L. BURSTIN (6-7), dans sa thèse et au Congrès Mondial de Cardiologie de Mexico de 1962, fait part d'une "nouvelle méthode pour la détermination de la pression dans l'artère pulmonaire par enregistrements graphiques externes".

Nous nous arrêtons sur ce travail qui, sur cinquante cas, essaya de déterminer de façon précise un rapport entre les mécanogrammes et les données du cathétérisme. L'idée directrice est que, durant sa phase isométrique diastolique, le ventricule droit se présente comme une cavité isovolumétrique puisque les sigmoïdes pulmonaires sont fermées tandis que les tricuspides ne sont pas encore ouvertes.

Une hyperpression artérielle pulmonaire va augmenter cette phase en retardant l'ouverture de la valve tricuspide. En effet, si la pression ventriculaire droite est plus élevée, par augmentation parallèle à celle de l'artère pulmonaire, elle va mettre plus longtemps pour atteindre la pression de l'oreillette droite, prolongeant d'autant cette phase isovolumétrique.

D'après BURSTIN, trois facteurs interviennent dans la durée de P2 - ν :

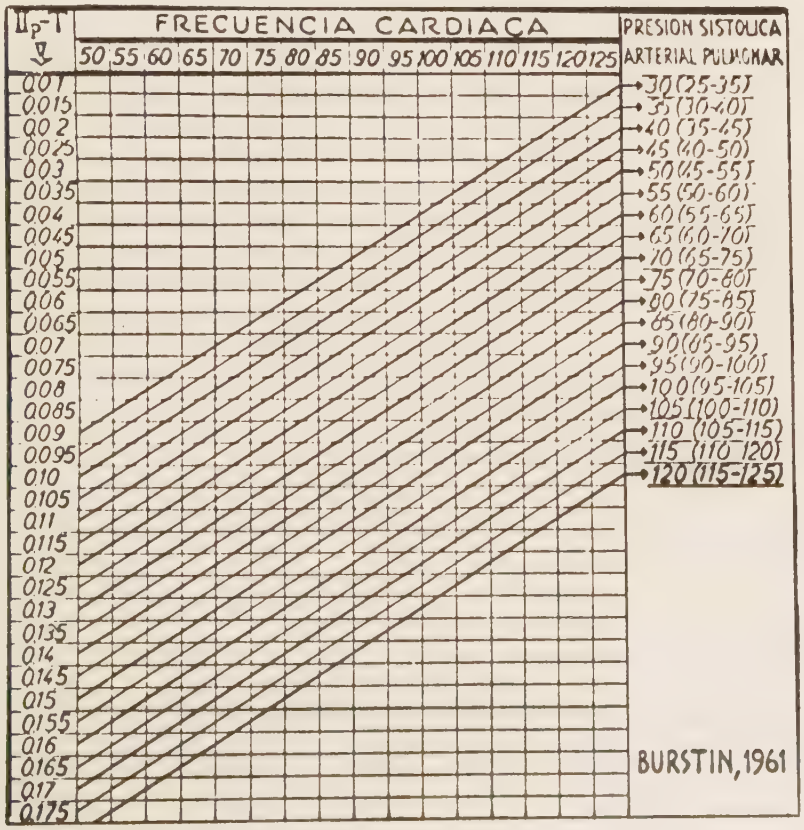
- la pression systolique de l'artère pulmonaire,

- la pression auriculaire droite ; mais, en dehors de lésions valvulaires tricuspidiennes, d'insuffisance cardiaque, ou de péricardite, cette pression se maintient dans les limites de la normale,

- la fréquence cardiaque.

Seuls le premier et le troisième facteur sont donc à prendre en considération.

L'auteur se réfère ensuite aux travaux de HARTMAN pour construire une table dans laquelle la durée de P2 - ν est, à fréquence cardiaque égale, directement proportionnelle à la pression systolique pulmonaire :



d'après L. BURSTIN (6)

Les 50 cas qui avaient été utilisés pour calculer ces "corrélations" se décomposaient en :

- sténose mitrale "pure" 11 cas
- maladie mitrale 9 cas
- persistance du canal artériel 9 cas
- communication inter-auriculaire 3 cas
- communication inter-ventriculaire 2 cas
- hypertension artérielle pulmonaire essentielle 1 cas
- coeur normal 15 cas

Les chiffres obtenus par analyse du phonomécanogramme et par le cathétérisme "sont pratiquement superposables, le résultat est quasi linéaire".

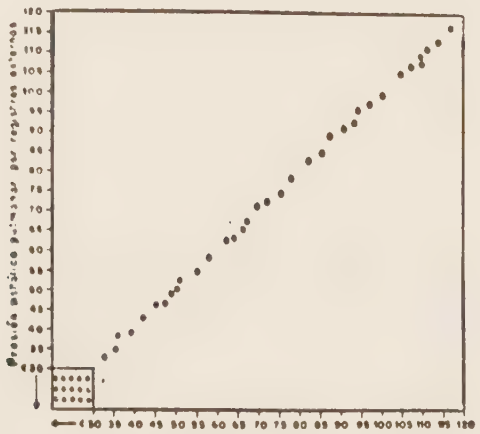


TABLA 2
RESULTADO GLOBAL DE LOS 50 CASOS ESTUDIADOS

d'après L. BURSTIN (6)

Les conclusions apparaissaient particulièrement intéressantes par la précision qu'elles permettaient d'obtenir d'une façon simple et peu traumatisante. BURSTIN terminait sa communication par plusieurs remarques :

- s'il existe une augmentation de la pression auriculaire droite (sténose ou insuffisance tricuspidienne, insuffisance cardiaque droite, communication inter-auriculaire), la prise de la pression veineuse brachiale pourrait peut être permettre d'obtenir un facteur de correction et d'appliquer la méthode développée, ci-dessus ;

- il serait utile d'établir une courbe de durée de P2 - ν en fonction des différentes fréquences cardiaques, ce qui permettrait peut-être de montrer la nature de la réciprocité entre ces deux paramètres ;

- enfin, la réalisation de tables différentes selon les types de cardiopathie serait utile "bien qu'il semble que les facteurs ayant une influence sur la durée de l'intervalle P2 - ν agissent indépendamment de la pathogénie de l'hypertension artérielle pulmonaire ".

Si nous nous sommes attardés sur ce travail c'est en raison de son caractère original ; il attire l'attention sur la phase de relaxation isovolumétrique ventriculaire droite et recherche une liaison hémodynamique de façon relativement rigoureuse.

Bien que l'application des résultats mentionnés fut décevante, BURSTIN eu le mérite de définir une population de sujets et une variable qui, si elle n'est pas à elle seule suffisante, apparaît fondamentale.

c - Pour H. DENOLIN et O. POLIS (9) le phlébogramme jugulaire représente un "aperçu valable des phénomènes hémodynamiques auriculaires droits", mais étant donné le retard de transmission, "il ne peut servir de repère chronologique strict".

Ils retiennent l'augmentation d'amplitude de l'onde a dans les hypertensions artérielles pulmonaires et les sténoses pulmonaires.

Cette modification de l'onde a ne s'observe pas s'il existe une communication entre les gros vaisseaux ou les ventricules ; elle est rare en présence d'une large communication inter-auriculaire.

d - R. GAMBOA et coll. (15) ont recherché une liaison entre P_2- ν et la pression artérielle pulmonaire dans diverses cardiopathies congénitales. Cette "corrélation" existe dans les communications

interventriculaires; elle est absente dans leur échantillon de communications inter-auriculaires et de rétrécissements pulmonaires mais leur nombre est peut être insuffisant.

e - Pour M. BORY (4 - 5 - 29) l'hypertension artérielle pulmonaire est à l'origine de trois modifications du jugulogramme :

- une augmentation d'amplitude de l'onde a,
- une tendance au comblement du creux x,
- un allongement de l'intervalle P_2 - v .

α - L'augmentation de l'onde a peut être expliquée par une contraction auriculaire "butant" sur des pressions télédiastoliques ventriculaires droites élevées.

$\frac{a}{x}$ est, dans ces cas toujours supérieur à 0,5 mais il n'aurait réellement de valeur que lorsqu'il est supérieur à 1.

β - Le comblement du creux x ne se manifeste que s'il existe une insuffisance ventriculaire droite . Signant la décompensation cardiaque; il témoigne d'une élévation des pressions moyennes dans l'oreillette droite (8 mm de mercure serait le seuil critique).

$\frac{x}{y}$ est toujours supérieur à 1 car x est plus profond que y ; il devient inférieur à 1 du fait d'une régurgitation tricuspidienne (organique ou par dilatation de l'anneau).

γ - L'allongement de l'intervalle P_2 - v est la modification essentielle, spécifique de l'hypertension artérielle pulmonaire.

Il faut rappeler à ce propos que la chronologie de l'onde v du jugulogramme est la moins sujette à caution contrairement à l'onde a et à l'onde x.

Les retrécissements pulmonaires représentent un cas particulier car P_2 - v y est extrêmement réduit ; P_2 et v seraient parfois synchrones. Pour A. LEATHAM (23) le degré de sténose pourrait être estimé par la mesure de A_2 - P_2, intervalle proportionnel au gradient artério-ventriculaire.

f - F. FERNANDEZ (2 - 13) retient le stigmate essentiel de l'hypertension artérielle pulmonaire sur le jugulogramme : l'allongement de l'espace P_2 - v.

Il propose un intervalle " P_2- ν corrigé" en fonction de la fréquence cardiaque selon la formule de H.C. BAZZET (3) : valeur corrigée = valeur mesurée divisée par la racine carrée de l'intervalle RR.

Il étudie 65 malades présentant diverses cardiopathies, dont des atteintes tricuspidiennes, et prouve statistiquement l'existence d'un coefficient de corrélation $r = 0,74$ ($p < 0,001$).

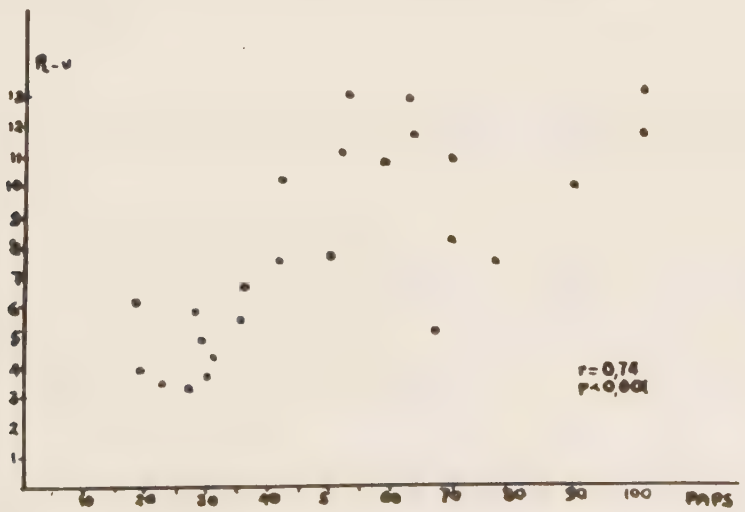
La régression de la pression systolique artérielle pulmonaire est trouvée égale à :

PS_{AP} en mm Hg = $0,56 \times P_2 - \nu$ corrigé + $7,35 \pm 17$.

Il n'existe pas de liaison significative entre la pression systolique de l'artère pulmonaire et l'intervalle " Q - P_2".

Les conclusions de l'étude de FERNANDEZ rejoignent celles de BURSTIN dont les résultats n'étaient que fragmentaires ; l'auteur insiste sur l'importance de la cardiopathie causale, la corrélation n'étant pas significative dans le cas d'atteinte pulmonaire ou de lésion tricuspide.

La corrélation la plus exacte fut retrouvée dans un échantillon de 25 cas de valvulopathies mitrales.



P_2 - ν et la pression systolique artérielle pulmonaire dans 25 cas de valvulopathies mitrales (d'après FERNANDEZ et coll.)

g - G. FAIVRE et coll. (12) remarquent eux aussi que $P_2 - \nu$ est toujours augmenté (supérieur à 8/100e de seconde) dans les hypertensions pulmonaires ; cet allongement est la conséquence d'un déplacement vers la gauche du deuxième bruit.

Le syndrome "hypertension pulmonaire" n'étant pas univoque, il n'apparaît pas possible, d'après ces auteurs, d'individualiser une corrélation mécanographique précise.

h - J. PY (28) dans son récent traité de mécanographie, signale comme témoignant d'une hypertension artérielle pulmonaire l'augmentation de l'intensité de P_2 qui "serait proportionnelle au degré d'hypertension" et l'augmentation de l'espace $P_2 - \nu$ sur le jugulogramme.

- En conclusion, s'il existe une liaison entre jugulogramme et pressions cardiaques droites, elle paraît difficile à expliciter ; la difficulté souvent rencontrée dans l'enregistrement correct d'un pouls veineux jugulaire en est une explication possible : 25 % seulement des tracés sont interprétables pour H. FABRE (11).

Au cours de ce travail, nous avons tenté de cerner à notre tour cette corrélation en nous appuyant sur certaines valeurs des mécanogrammes de notre échantillon.

2 - Notre recherche de valeurs significatives du mécanogramme :

Dans ce type d'étude deux procédés peuvent être utilisés après la mesure sur le jugulogramme de toutes les valeurs susceptibles d'intervenir dans la liaison cherchée entre les enregistrements mécaniques externes et le cathétérisme :

- soit une étude entièrement automatisée de toutes les données; ce travail nécessite une progammation complète sur ordinateur, notre première série de valeurs fait intervenir vingt-deux variables,

- soit, une méthode plus simple, mais par là-même peut être plus critiquable : mettre ces différents résultats sous forme de tableau puis, rechercher empiriquement le coefficient qui semble pouvoir relier ces valeurs calculées sur l'enregistrement mécanique externe et les pressions droites obtenues par le cathétérisme.

Ainsi, nous avons analysé une première série de vingt-quatre dossiers. Ces observations ne furent pas choisies d'une façon arbitraire ; il s'agissait des mécanogrammes étudiés chronologiquement sur une période de deux ans et demi environ.

Nous les avons classés par ordre de pressions systoliques artérielles pulmonaires croissantes et nous avons ainsi obtenu un échantillon sensiblement homogène où les pressions étaient comprises entre quinze et quatre-vingt millimètres de mercure pour l'artère pulmonaire et dix-huit et quatre-vingt-cinq millimètres de mercure pour le ventricule droit.

Les valeurs calculées sur le mécanogramme ont été obtenues après avoir tracé la ligne de base selon la méthode d'EGGINK.

- Initialement, nous avons retenu le plus de valeurs possibles en nous attachant tout particulièrement au calcul des rapports de ces valeurs entre elles.

- onze accidents et intervalles de temps ont ainsi été calculés sur les mécanogramme ; ce sont a, x, v, y, z-a, z-x, z-v, z-y, z-P_2, P_2-y et P_2-v

- six rapports entre les valeurs précédentes furent retenus :

$$\frac{a}{x}\ ,\ \frac{a}{y}\ ,\ \frac{a}{v},\ \frac{v}{x},\ \frac{v}{y},\ \frac{y}{x},$$

- Pour chaque malade étudié on avait noté :

- La durée de l'espace PR (il faut cependant rappeler qu que tous les sujets doivent être en rythme sinusal pour entrer dans le cadre de cette étude),

- la fréquence cardiaque calculée directement sur l'électrocardiogramme du cycle étudié,

- enfin, une valeur que nous avons appelée "fréquence cardiaque corrigée" et qui est égale à $\frac{N}{\sqrt{N}}$

3 - Recherche d'une corrélation entre les résultats du cathétérisme droit et les données des enregistrements mécaniques externes.

a - Le choix de valeurs significatives du jugulogramme, en dehors de toute technique automatisée, pour les raisons exposées plus haut, a pu dans un premier temps paraître arbitraire.

Essayons de justifier ce choix :

1° - La valeur $P_2-\nu$, (4 - 6 - 7 - 8 - 13 - 15 - 18 - 21), ou phase de relaxation iso-volumétrique du ventricule droit, présente une corrélation certaine avec les pressions systoliques ventriculaire et artérielle pulmonaire droites.

Les travaux précédents l'ont montré (coefficient de corrélation très significatif pour F. FERNANDEZ et R. GAMBOA); nous le démontrerons à notre tour en exposant nos résultats.

Initialement, il était possible d'affirmer qu'il s'agissait de la valeur "de base". Il apparaissait cependant nécessaire de l'intégrer dans une équation plus complexe puisque nos chiffres font par exemple apparaître dans l'observation n° 1 un $P_2-\nu$ à 6/100 de seconde pour une pression systolique artérielle pulmonaire (PS_{AP}) à 15 mm de mercure avec un rythme cardiaque à 73 par minute et, dans l'observation 19 un $P_2-\nu$ à 5,5/100 de seconde pour une PS_{AP} à 50 mm de mercure avec un rythme cardiaque dà 78 par minute,

$P_2-\nu$ varie, dans cette série de 22 sujets entre 2/100 et 13/100 de secondes.

Cet autre paramètre ne pouvait être l'onde a puisque, en l'absence d'anomalie tricuspide, sa hauteur ne nous apparaît pas reliée aux pressions règnant dans le ventricule droit et, par là-même, dans l'artère pulmonaire.

Toutes les autres valeurs du jugulogramme, prises isolément, n'étaient guère plus évocatrices. En effet, si certaines pouvaient être éliminées d'emblée en raison de leur grande variabilité :

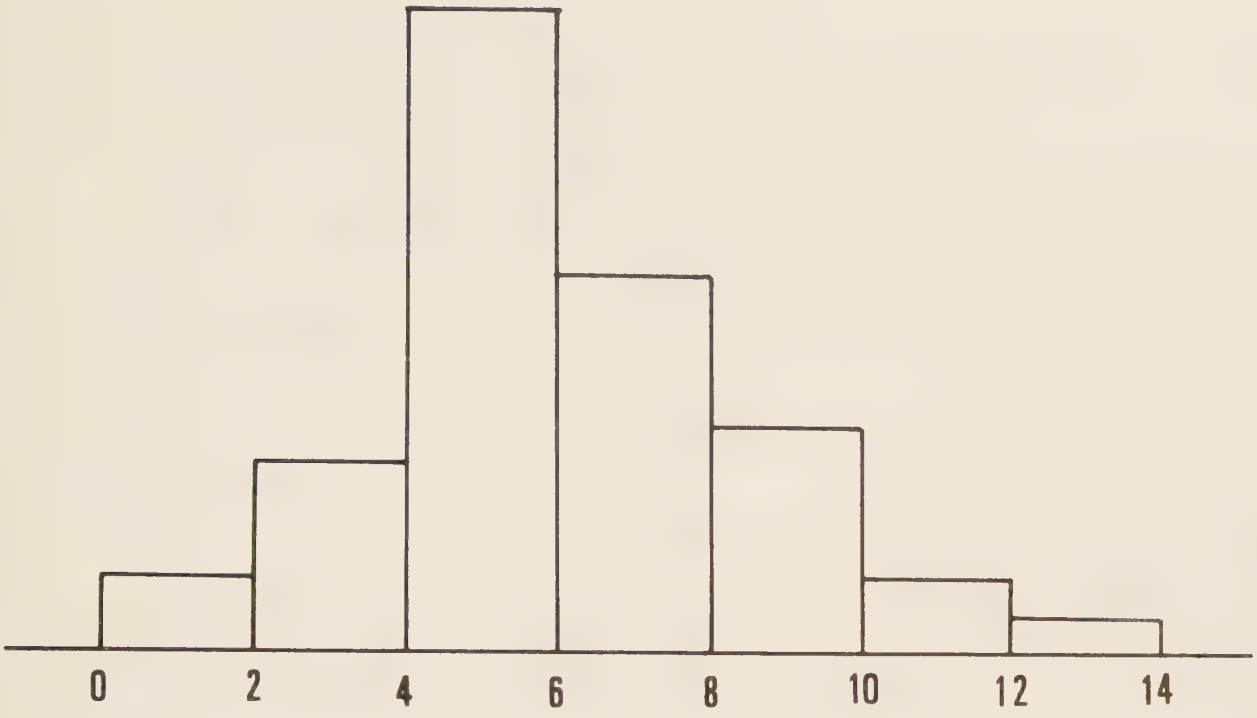
- a de 5,5 à 35 millimètres,
- x de 3,5 à 41 millimètres,
- v de 0,1 à 32 millimètres,
- y de 1 à 11,5 millimètres,

d'autres, à l'inverse, l'étaient en raison d'une constance qui semblait logique puisqu'elles mesuraient les durées de phases déterminées du cycle cardiaque chez des sujets indemnes de toute insuffisance cardiaque par définition.

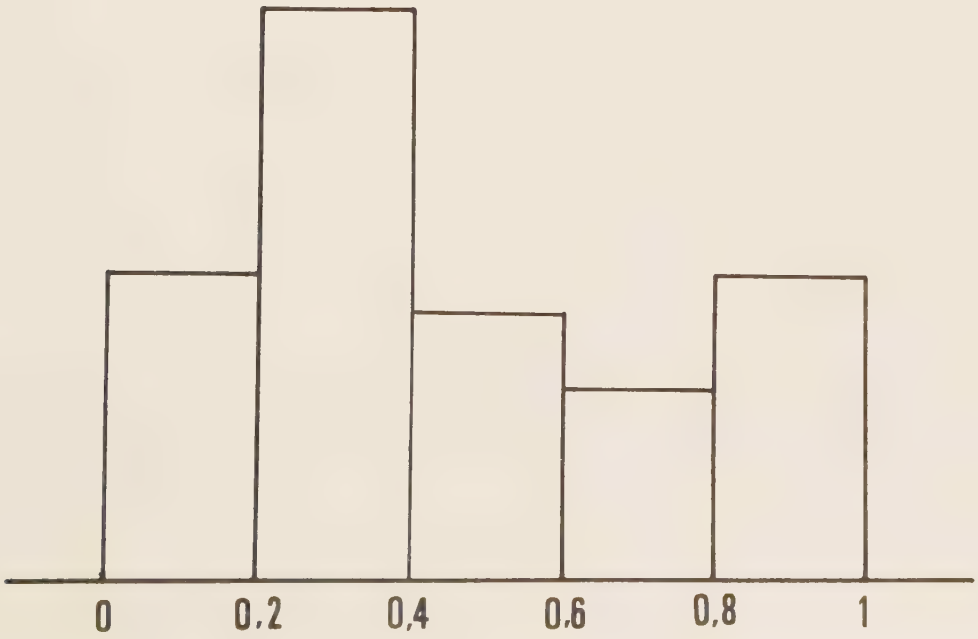
L'étude des rapports des valeurs précédentes entre elles fut plus intéressante ; elle nous permit de trouver le coefficient qui, en quelque sorte, "pondérait" la valeur $P_2 - \mathcal{V}$ retenue d'emblée .

$\frac{a}{x}$, $\frac{a}{y}$, $\frac{v}{x}$, $\frac{v}{y}$, sont d'une grande variabilité et furent donc délaissés au profit du rapport $\frac{y}{x}$ dont les valeurs s'échelonnent entre 0,17 et 1.

2° - Ce rapport $\frac{y}{x}$ retint notre attention dès l'étude des premiers dossiers de la série dans lesquels, malgré des pressions artérielles pulmonaires normales, $P_2 - \mathcal{V}$ variait de 2/100 à 9/100. Parallèlement, $\frac{y}{x}$ était trouvé d'autant plus élevé que $P_2 - \mathcal{V}$ apparaissait plus grand ; cette liaison s'affirme encore plus pour des valeurs élevées de la pression systolique artérielle pulmonaire (PS_{AP}) ou de la pression systolique ventriculaire droite (PS_{VD}).



Répartition de la valeur $P_2 - V$



Répartition de la valeur $\frac{y}{x}$

C'est à partir de cette constatation que nous avons réalisé toute la suite de cette étude.

Ce rapport $\frac{y}{x}$ est particulièrement intéressant puisqu'il fait intervenir :

- la phase systolique de la révolution cardiaque par l'intermédiaire la valeur x,

- et la phase diastolique par l'intermédiaire de la valeur y.

Si l'on admet l'existence d'une relation linéaire entre le rapport $\frac{P_2 - \nu}{\frac{y}{x}}$ et la pression systolique artérielle pulmonaire (PS_{AP}), il nous paraît possible d'écrire :

$$\frac{P_2 - \nu}{\frac{y}{x}} = \beta \times PS_{AP} + \alpha$$

$$PS_{AP} = \frac{\frac{P_2 - \nu}{\frac{y}{x}} - \alpha}{\beta}$$

$$PS_{AP} = \frac{P_2 - \nu}{\frac{y}{x}} \times \frac{1}{\beta} - \frac{\alpha}{\beta}$$

La valeur $P_2 - \nu \times \frac{1}{\beta}$ peut être assimilée à un facteur K directement en rapport avec la PS_{AP} puisqu'il a été démontré qu'existe une corrélation significative et linéaire de la valeur $P_2 - \nu$ selon PS_{AP}.

$$PS_{AP} = \frac{K}{\frac{y}{x}} - \frac{\alpha}{\beta}$$

PS_{AP} est donc proportionnel à la valeur x et inversement proportionnel à la valeur y. En effet, lorsque x augmente, $\frac{y}{x}$ diminue et PS_{AP} est trouvé plus élevé ; à l'inverse, si y augmente, le rapport $\frac{y}{x}$ augmente et PS_{AP} diminue.

Ainsi, dans notre hypothèse de travail, la pression régnant dans la cavité ventriculaire droite et par conséquence la pression artérielle pulmonaire, en l'absence de rétrécissement orificiel pulmonaire, est directement proportionnelle à l'onde x du jugulogramme et inversement proportionnelle à l'onde y de ce tracé.

3° - Analysons chacune de ces valeurs x et y :

α - La dépression x du jugulogramme se situe pendant la systole ventriculaire et nous avons vu qu'elle est essentiellement la conséquence de l'attraction du plancher auriculo-ventriculaire.

Cette attraction, en l'absence d'anomalie valvulaire tricuspide ou de la contraction des fibres cardiaques, est sous la dépendance directe de la pression régnant dans l'artère pulmonaire.

β - La dépression y est un phénomène diastolique et correspond à la fin du remplissage rapide et passif du ventricule droit.

Il est bien évident que plus la pression est élevée dans le ventricule droit moins le remplissage passif sera important ; cette valeur y apparaît donc inversement proportionnelle aux pressions cardiaques droites.

D'autres facteurs, que nous n'avons pas étudiés interviennent également pour déterminer l'amplitude de ces deux dépressions du jugulogramme.

Il s'agit notamment de la fréquence cardiaque et du débit cardiaque.

Le rapport $\frac{P_2 - V}{\frac{y}{x}}$ des 43 observations étudiées

Ce fait explique que, prise isolément, aucune des valeurs x et y ne présente une corrélation significative avec les pressions cardiaques droites. Mais, pour un même sujet, les conditions d'enregistrement étant identiques tant sur le plan technique que sur le plan clinique, on peut supposer que le rapport $\frac{y}{x}$ varie peu.

L'observation de nos résultats amène la remarque suivante :

- pour des pressions basses
  - . x est variable
  - . y est relativement élevé
- pour des pressions élevées
  - . x est variable
  - . y est relativement bas.

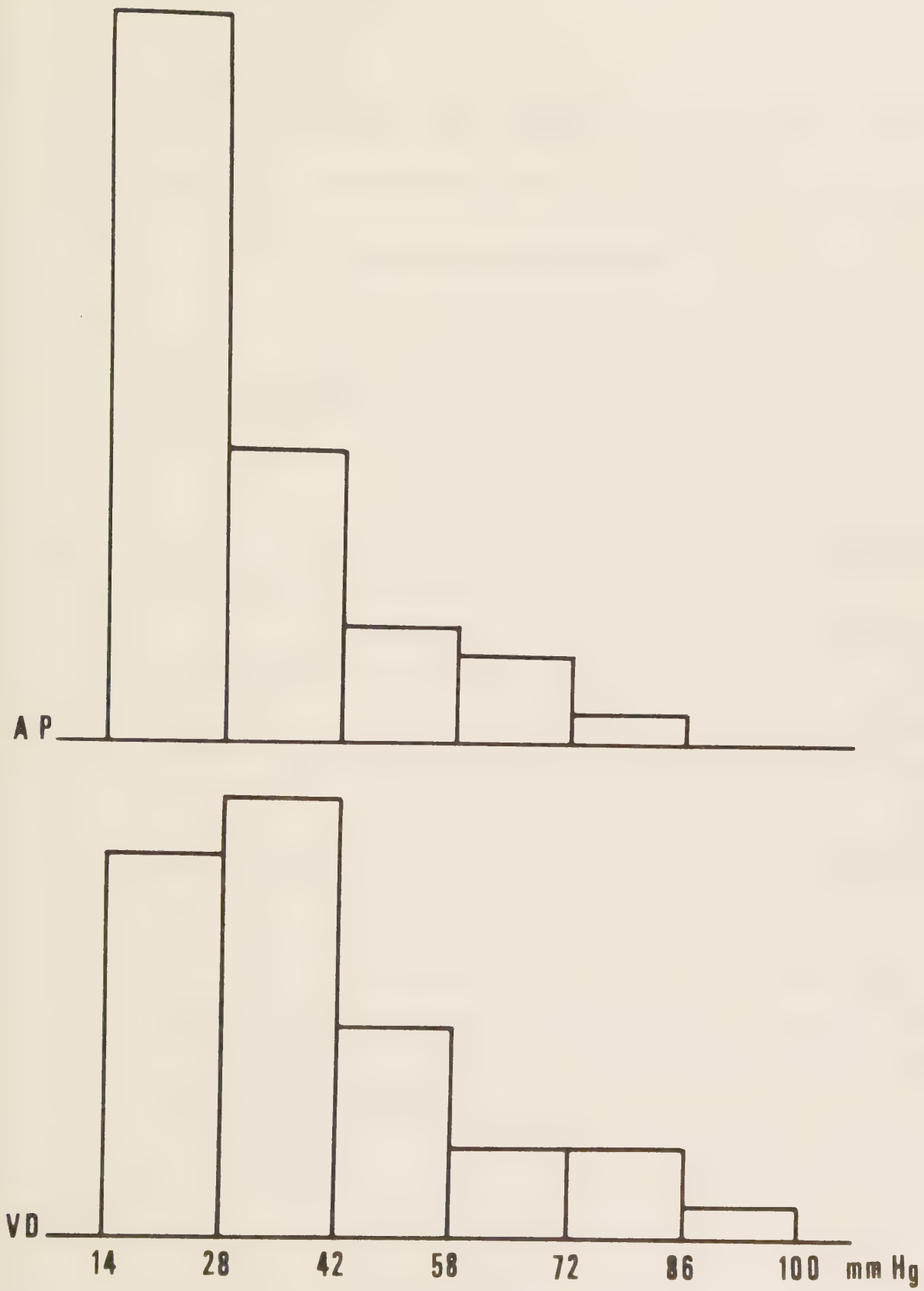
Relier entre elles les valeurs P_2 - v et $\frac{y}{x}$ peut se justifier d'autant plus que ce dernier paramètre ne fait intervenir aucune notion de chronologie.

Dans notre échantillon la grande variabilité de P_2 - v nous a frappé, puisque pour des pressions systoliques artérielles pulmonaires sensiblement égales, il peut varier de 1 à 4. Parallèlement, pour ces mêmes sujets $\frac{y}{x}$ varie en tempérant ces variations de P_2 - v.

En règle, à pressions systoliques artérielles pulmonaires comparables :

- si P_2 - v est élevé,
- le rapport $\frac{y}{x}$ est lui-même plus élevé par augmentation relative de la valeur y.

Ce mécanisme fait vraisemblablement intervenir des facteurs qui ne sont pas détaillés dans cette corrélation, notamment fréquence et débit cardiaques. Ce qui nous permet de rechercher une



Répartition des pressions systoliques dans le Ventricule Droit

et dans l'Artère Pulmonaire

corrélation entre ce " $\underline{P_2 - v \text{ pondéré}}$", $\frac{P_2 - v}{\frac{y}{x}}$, et les pressions systoliques ventriculaires droite et artérielle pulmonaire.

a - L'exploitation des données

Sur un même tableau ont été réunis les quarante-trois couples de valeurs, nous avons ensuite recherché s'il pouvait exister une corrélation entre les pressions cardiaques droites et le rapport $\frac{P_2 - v}{\frac{y}{x}}$.

Le nuage de points obtenu à partir des tableaux précédents suggère la possibilité d'une bonne corrélation.

L'exploitation statistique (16 - 30) des résultats fut réalisée selon deux méthodes :

- l'une paramétrique, rechercha une signification statistique à notre hypothèse de départ par calcul du coefficient de corrélation ;
- l'autre, non paramétrique (coefficient de SPEARMAN), nous permit de vérifier dans chacun des cas le résultat précédent.

Dans le chapitre suivant nous détaillerons notre échantillon (43 sujets) et lui appliquerons les corrélations proposées antérieurement ; enfin, nous exposerons nos résultats et leur signification statistique.

	Nom	Sexe	Age	PS VD	PS AP	N	P_2-v	a	x	v	y	$\frac{a}{x}$	$\frac{a}{y}$	$\frac{a}{v}$	$\frac{v}{x}$	$\frac{v}{y}$	$\frac{y}{x}$	Z-a	Z-x	Z - v	Z-y	ZP_2	P_2-y	$\frac{P_2 v}{y/x}$	Diagnosti
1	AUT..	F	12	23	15	73	6	10,5	10,5	5	9	1	1,16	2,10	0,47	0,55	0,85	4	17,5	28	34,5	25,5	9,5	7,06	CIA
2	LIE..	F	36	70	16	46	4	29	16	--	10	1,81	2,9	--	--	--	0,62	6	21,5	32	38	30	8	6,45	RP
3	JEA..	F	15,5	25	16	86	2	25	13,5	32	2,5	1,85	10	0,79	0,18	12,80	0,18	6	20	28,5	34,5	29,5	5	11,11	CIA
4	AUD..	M	10	18	17	56	7,5	5,5	27	1	24	0,20	0,22	5,5	0,03	0,04	0,88	7	27,5	35	44	35	13	8,50	CIA
5	LIB..	F	9,5	22	18	84	2	1, 5	23	1	9	0,41	1,05	9,5	0,04	0,11	0,39	4	18,5	25	31	24	6,5	5,13	CIV
6	COU..	M	45	20	20	67	9	26,5	17	1	9	1,47	2,94	26,5	0,05	0,11	0,53	6,5	20	30	36	23	12,5	16,98	IM-IA
7	MAR..	M	38	25	21	70	6	9	15	1,5	3	0,60	3	6	0,10	0,50	0,2	5	20	31,5	38,5	27,5	11	30	IA
8	VAL..	F	14	25	22	72	5	28	5	8	4	5,60	7	3,50	1,60	2	0,80	5,5	22	31	39	28	11	6,25	CIA
9	DOS..	M	16	32	25	69	4	11	10	11	8,5	1,1	1,29	1	1,1	1,29	0,85	6	21	31	39	29	10	4,71	CIA
10	LEG..	M	13	25	25	84	3	13	3,5	25	1	3,71	13	0,52	7,14	25	0,28	7	15,5	25	36	23	12,5	10,71	CIA + RV
11	HAU..	M	8	30	25	92	3	21	14	13	4	1,50	5,25	1,61	0,92	3,25	0,28	4	15	23,5	28,5	22	7	10,71	CIV
12	ALE..	M	18	30	27	76	4	10	24	9	7	0,42	1,42	1,11	0,37	1,28	0,29	3,5	19	28	35	26,5	9	13,79	IM-IA
13	LEV..	M	42	31	28	66	9	31,5	11	15	9	2,86	3,50	2,10	1,36	1,66	0,81	6	22,5	32,5	39	27,5	11	11,11	RM
14	SON..	M	18	85	28	67	10	27	15	1,5	10	1,80	2,70	18	0,10	0,15	0,67	6	22	32	36	27	9	14,93	RP + CIV
15	HUT..	M	40	35	30	69	4	13	9,5	11,5	5	1,37	2,6	1,13	1,21	2,3	0,52	5	18,5	29,5	38,5	27	11,5	7,41	CIA
16	KAL..	M	36	35	30	62	6,5	35	7	21	7	5	5	1,67	3	3	1	7	21	29	40	25,5	14	6,40	MM
17	LAZ..	F	24	32	32	63	12	31	16	3	6	1,94	5,17	10,33	0,19	0,50	0,38	7	27,5	35	42	29	13	30,77	RM
18	PLA..	F	35	40	33	59	6,5	13,5	10,5	6	7,5	1,28	1,80	2,25	0,57	0,80	0,71	7	23	32	42	28,5	15,5	11,82	CIA
19	POI..	F	48	40	40	59	8	21	25	0,1	10	0,84	2,10	210	0,004	0,01	0,40	4,5	17,5	32	39	28,5	--	20	IM
20	SAD...	F	26	42	42	72	6	23	12	5	11	1,91	2,09	4,60	0,41	0,45	0,91	5	19	30	37	27	9	6,59	RM
21	BER..	H	65	50	50	78	5,5	13	18	8,5	4,5	0,72	2,88	1,52	0,47	1,88	0,25	6,5	21	31,5	37	29	8	22	MA
22	ANQ..	F	20	50	50	74	9,5	24	5,5	13	2	4,36	12	1,85	2,36	6,50	0,36	6	21,5	31	38,5	26	12,5	26,39	RM
23	CAZ..	H	59	70	70	66	13	28	15	3,5	5	1,87	5,60	8	0,23	0,70	0,38	7,5	23,5	42,5	52	32	20	39,39	IM
24	DHA..	F	50	80	80	99	9	15	41	3	7	0,37	2,14	5	0,07	0,42	0,17	7	19,5	29	32	25	7	52,94	CIA

	Nom	Sexe	Age	PS VD	PS AP	N	P_2v	x	y	$\frac{y}{x}$	$\frac{P_2-v}{y/x}$	Diagnostic
25	GAR..	M	13	20	18	73	5	10	5,5	0,55	9,09	coeur normal
26	GAI..	M	21	130	18	50	3	23	14,5	0,63	4,76	RP orificiel
27	FIE..	M	12	55	14	86	0,50	13	3	0,23	2,17	RP orificiel
28	AZO..	M	50	35	35	67	5	31	17,5	0,56	8,93	CIA
29	PAI..	F	16	80	25	90	1	19	2	0,11	9,09	RP orificiel
30	MOR..	M	13	50	50	52	7	30	8	0,27	25,93	CIA
31	DAN..	F	17	30	15	77	4	18,5	3	0,16	25	RVPA
32	GAR..	F	12	27	25	63	4	11	10,5	0,95	4,21	CIV
33	BOI..	F	23	23	21	70	4	21	14	0,67	5,97	CA
34	BER..	F	39	45	68	90	5	6	1	0,17	29,41	CPC
35	MUN..	M	6	32	19	82	4	17	6	0,35	11,43	CIA
36	SPO..	F	12	92	27	90	4	12,5	1	0,08	50	CIA-CIV-RP orif.
37	LAR..	F	13,5	30	24	72	5	17	3	0,18	27,78	CA
38	QUO..	F	22	25	20	78	4	4	1	0,25	16	CIA
39	PER..	F	19	60	60	70	8	13	3	0,23	34,78	RM-IA
40	GAM..	F	9	25	22	80	4	15	13	0,86	4,65	Coeur normal
41	VAL..	M	36	35	35	56	7	12	6	0,50	14	RM
42	FRU..	M	20	50	28	64	6	7	2	0,28	21,43	CIV
43	BOR..	M	8	28	25	78	7	6,5	4,5	0,52	13,46	CIV

IV - RESULTATS

1 - Description de notre échantillon

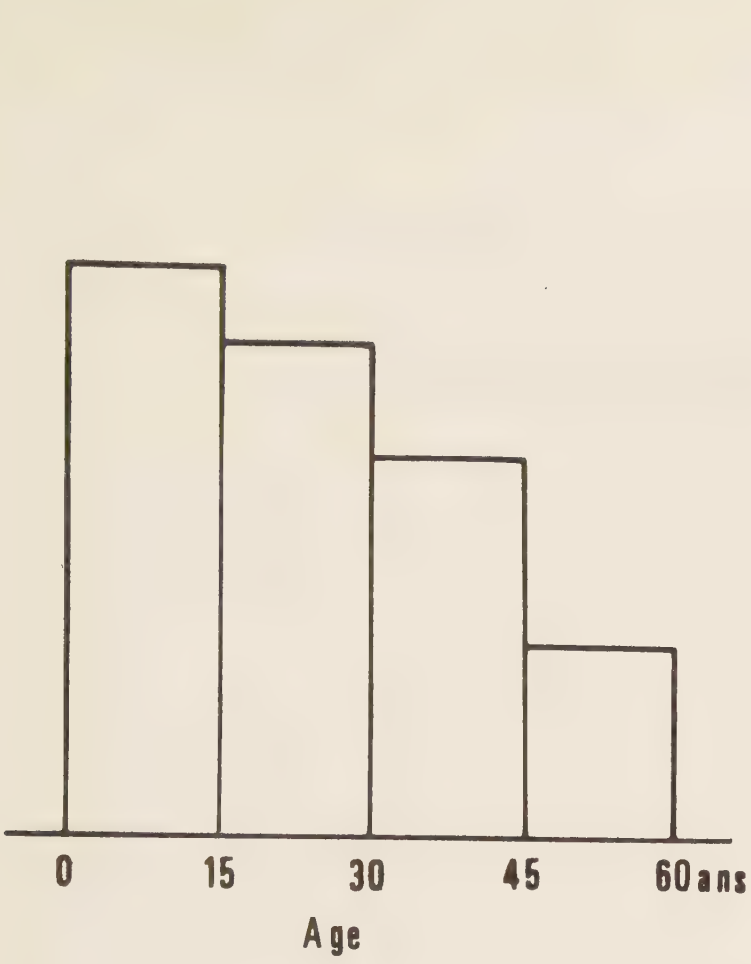
Quarante trois observations ont été choisies parmi soixante-seize dossiers qui en théorie répondaient aux critères de sélection précédemment énoncés. Cette proportion importante de mécanogrammes litigieux n'est pas pour surprendre si l'on sait que certains (11) estiment à 25 % le nombre de tracés exploitables.

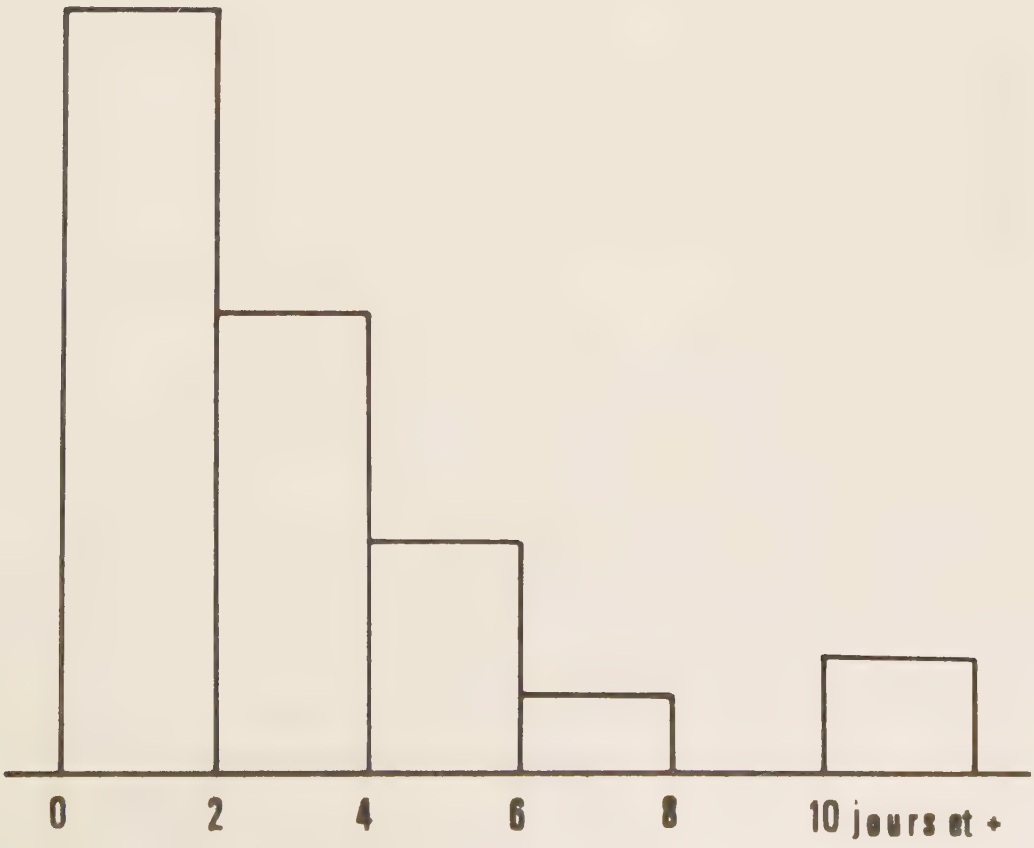
a - L'âge des sujets varie de 6 à 65 ans, l'âge moyen étant de 26 ans, plus de la moitié des personnes explorées est âgée de moins de 25 ans. Ce manque d'homogénéité apparent s'explique très simplement par l'obligation de réunir chez le même malade : un rythme sinusal, des pressions cardiaques droites normales ou élevées, cette dernière éventualité étant plus fréquente dans un lot de malades cathétérisés que dans une population habituelle en service de cardiologie. Si l'on exige enfin l'intégrité de la tricuspide et l'absence d'insuffisance cardiaque, il apparaît qu'une partie importante des valvulopathies, mitrales en particulier, échappe à notre étude.

Ainsi on comprend mieux la rareté des sujets de plus de 40 ans dans cet échantillon.

b - Le sexe des malades ne semble pas être une notion fondamentale, tout au plus est-il intéressant de noter que les quarante-trois sujets se décomposent en vingt-deux hommes et vingt-et-une femmes.

c - La cardiopathie est vingt-sept fois d'origine congénitale ce qui rejoint les remarques faites à propos du jeune âge de notre groupe ; treize fois il s'agit d'une valvulopathie mitrale ou aortique ou les deux ; deux fois seulement le coeur fut jugé normal au cathétérisme.





Intervalle séparant les 2 examens

Le détail des quarante-trois observations est le suivant :

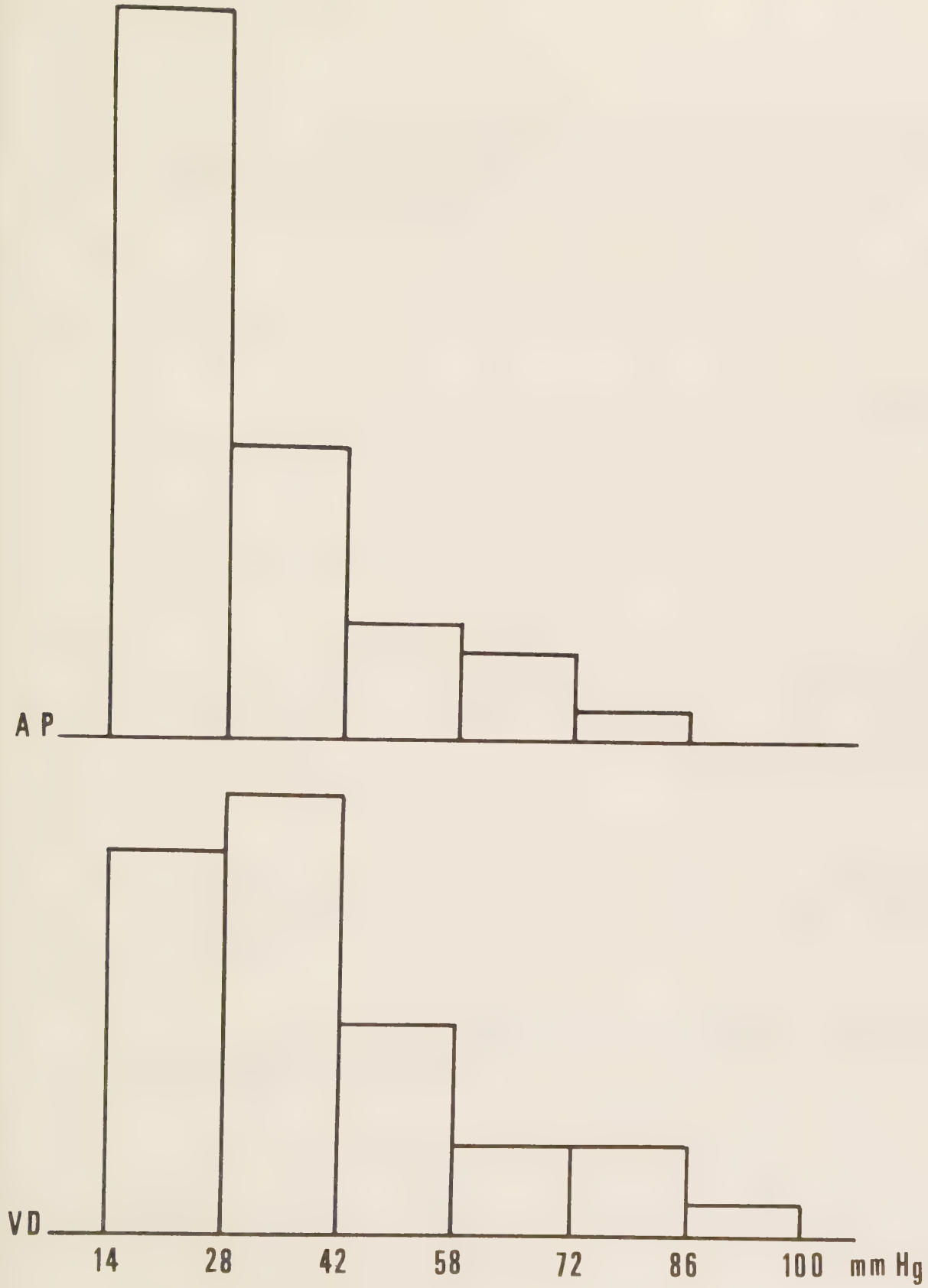
- 27 cardiopathies congénitales :

- CIA ..... 12 cas
- CIA + RVPA ..... 1 cas
- CIV ..... 5 cas
- CIV + rétrécissement pulmonaire orificiel ..... 1 cas
- CIV + CIA + rétrécissement pulmonaire orificiel 1 cas
- Rétrécissement pulmonaire orificiel ..... 4 cas
- RVPA ..... 1 cas
- Persistance du canal artériel ..... 2 cas

- 13 valvulopathies

- 8 atteintes mitrales :
  - . rétrécissement mitral ..... 5 cas
  - . insuffisance mitrale ..... 2 cas
  - . maladie mitrale ..... 1 cas
- 2 atteintes aortiques :
  - . insuffisance aortique ..... 1 cas
  - . maladie aortique ..... 1 cas
- 3 atteintes mitro-aortiques :
  - . insuffisance mitrale + insuffisance aortique ..... 2 cas
  - . rétrécissement mitral + insuffisance aortique ..... 1 cas

- 1 coeur pulmonaire.



Répartition des pressions systoliques dans le Ventricule Droit et dans l'Artère Pulmonaire

d - Des pressions cardiaques droites déterminées par cathétérisme nous n'avons retenu pour cette étude que les pressions systoliques ventriculaires droites et artérielles pulmonaire.

α - Les pressions systoliques ventriculaires droites (PS_{VD}) vont de 18 millimètres de mercure à 92 millimètres, la moyenne étant de 36,50.

β - Les pressions systoliques de l'artère pulmonaire (PS_{AP}) varient de 14 à 80 millimètres de mercure, la moyenne étant de 30,44 mmHg.

Là encore les histogrammes rendent compte de la difficulté pour étudier des patients en rythme sinusal dont les pressions cardiaques droites sont fortement élevées.

e - L'intervalle de temps séparant les enregistrements mécaniques et la mesure des pressions par cathétérisme n'a jamais excédé trois semaines. Encore s'agit-il d'exceptions puisque cette période ne dépasse pas quatre jours chez trente-deux de nos sujets ; elle se situe en moyenne à trois jours.

Notre groupe de malades, ainsi défini, nous nous sommes attaché à mettre en évidence une corrélation entre les accidents du jugulogramme et les pressions régnant dans les cavités droites.

2 - Dans un premier temps, nous avons recherché les corrélations antérieurement proposées.

a - Les travaux les plus complets sont ceux de L. BURSTIN et de F. FERNANDEZ, ils font tous deux appel à la mesure de l'intervalle P_2 - ∿ dont la durée serait directement proportionnelle, pour une même fréquence cardiaque, à la pression systolique régnant dans l'artère pulmonaire.

Selon leur fréquence cardiaque, les sujets ont été répartis en quatre groupes. Ainsi :

- 7 ont une fréquence entre 50 et 60 par minute,
- 12 sujets ont une fréquence comprise entre 60 et 70 par minute
- 13 ont une fréquence entre 70 et 80 par minute
- 11 sujets ont une fréquence à plus de 80 par minute.

Dans chacun des groupes le nombre des patients est insuffisant pour pouvoir affirmer une corrélation certaine entre la durée de $P_2 - \nu$ et la pression artérielle pulmonaire.

La distribution graphique des résultats incite cependant à penser qu'il existe une relation certaine entre ces deux valeurs au sein de notre échantillon.

Une correspondance aussi peu dispersée que celle avancée par L. BURSTIN est cependant peu probable compte-tenu de la difficulté de la réalisation pratique des enregistrements mécaniques externes.

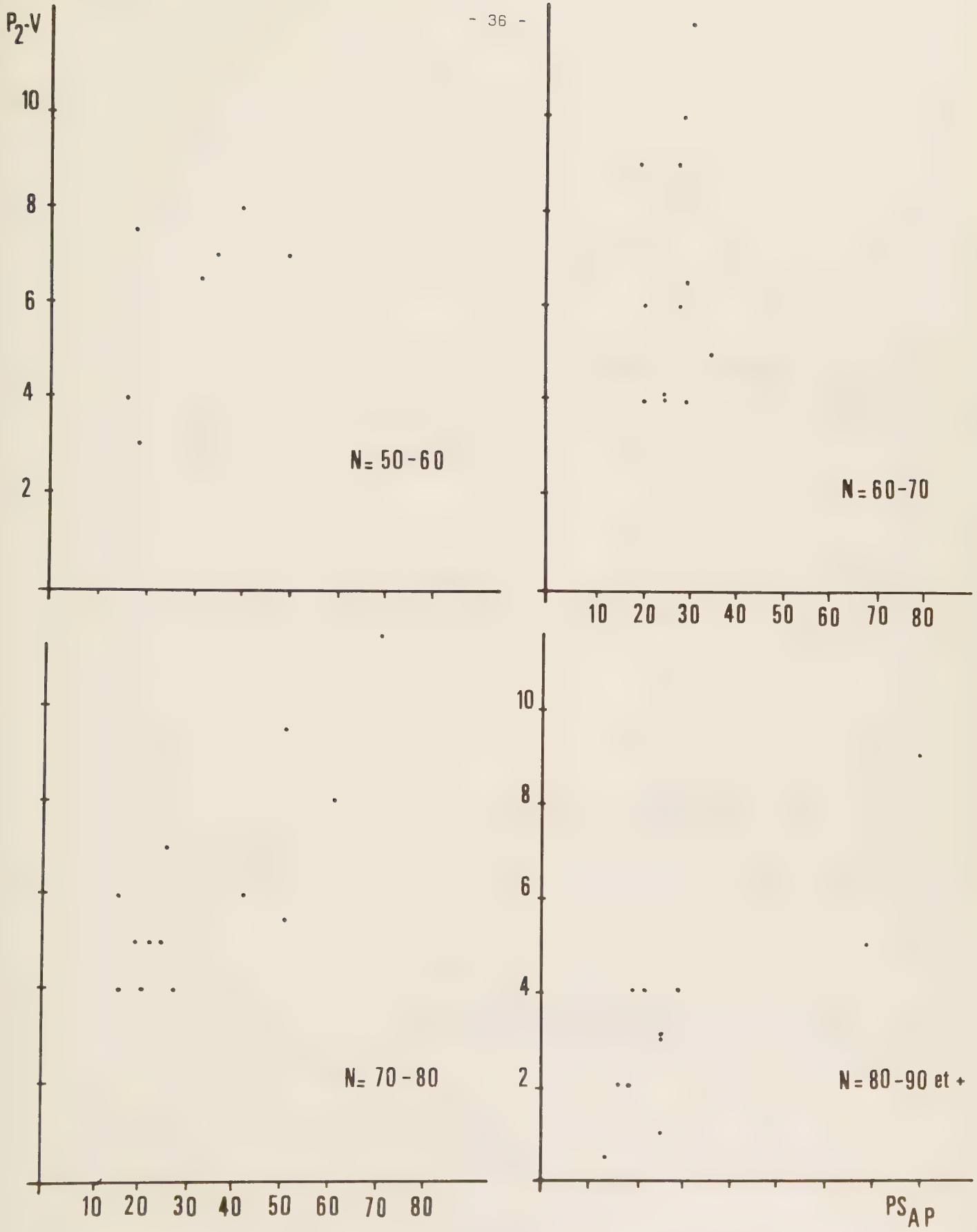
L'analyse statistique de nos quarante-trois couples de valeurs (pression systolique artérielle pulmonaire PS_{AP} et $P_2 - \nu$) confirme l'existence d'une corrélation indépendante de la fréquence cardiaque.

Nous sommes arrivés à ces conclusions par les mêmes méthodes que nous détaillerons plus loin à l'occasion de l'analyse des pressions droites et du rapport $\frac{P_2 - \nu}{\frac{y}{x}}$.

α - Les tests de <u>corrélation paramétrique</u> donnent les résultats suivants :

$$\overline{X} = 30,44 \ (= \overline{PS_{AP}})$$

$$\overline{Y} = 5,63 \ (= \overline{P_2 - \nu})$$



Durée de l'espace P_2-V en fonction de la pression artérielle pulmonaire

Etude selon la fréqence cardiaque

$$\sigma_x^2 = 249,25$$

$$\sigma_y^2 = 7,42$$

$$r^2 = 0,29$$

Le coefficient de corrélation r est égal à 0,54. Pour un nombre de degrés de liberté égal à 40 (d.d.l. = 40) le résultat est hautement significatif puisque la probabilité α est alors inférieure 0,01 (Dans la table, pour α = 0,01 r = 0,3932).

Les variances de X et Y sont égales à 249,25 et 7,42 et les écarts types ont les valeurs suivantes :

$$\sigma_x = 15,79$$

$$\sigma_y = 2,72$$

Le calcul de la droite de régression de $P_2 - \nu$ selon la valeur PS_{AP} permet d'obtenir une relation du type y = b x + a ; les valeurs b et a sont trouvées respectivement égales à 0,09 et 2,78 :

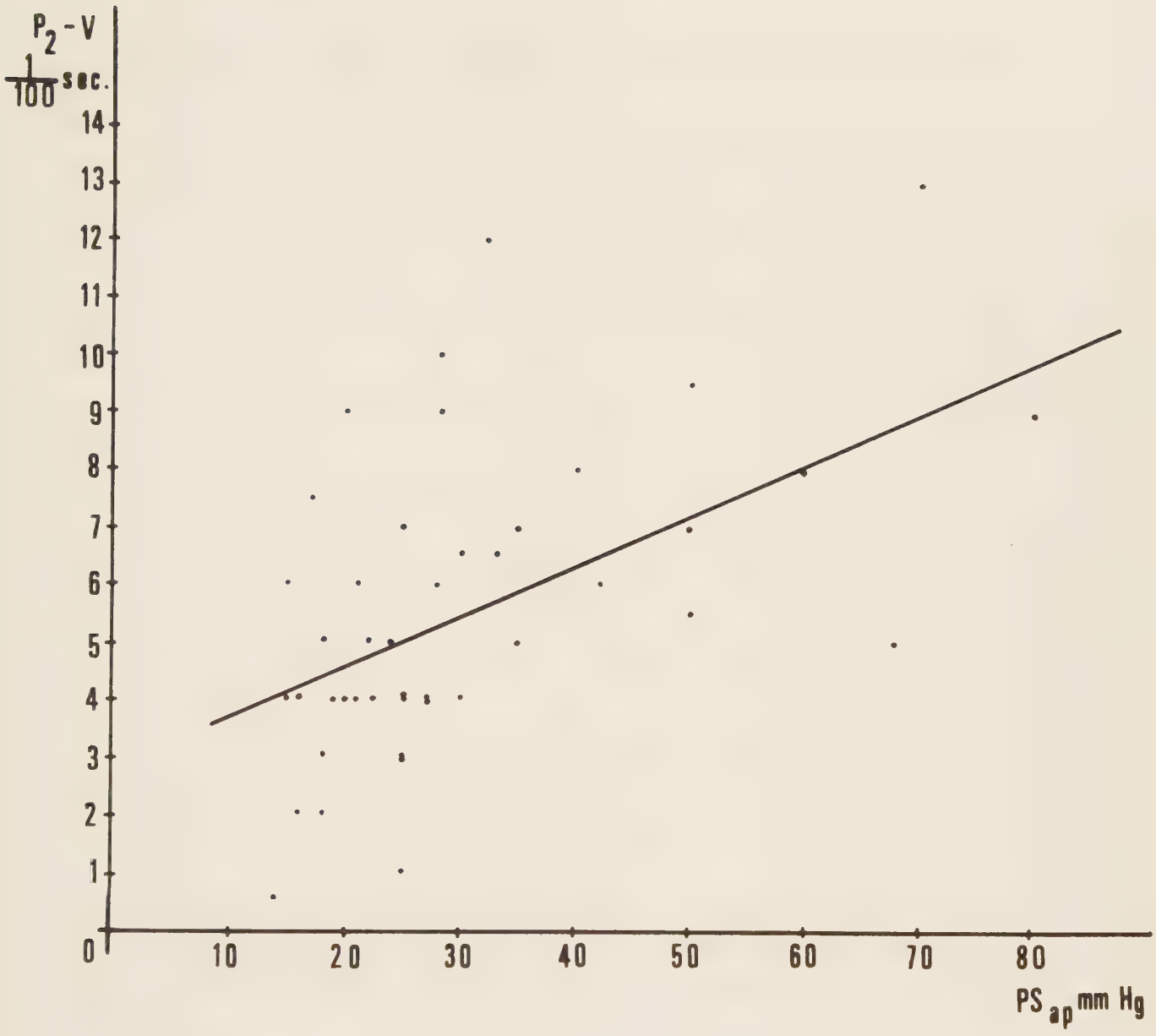
$$P_2 - \nu = 0,09\ PS_{AP} + 2,78$$

Le "test de l'hypothèse nulle" permet de tester la valeur de b et d'affirmer qu'elle diffère significativement de 0 :

$$t = \frac{b}{S_b}$$

$$S_b = 0,022$$

$$t = \frac{0,09}{0,022} = 4,09$$



Régression de la durée de l'espace P_2-V selon la

Pression artérielle pulmonaire systolique.

Valeur hautement significative car la table de t donne pour 40 degrés de liberté et pour $\alpha = 0,001$, $t = 3,551$.

β - Une corrélation de rangs de SPEARMAN confirme les résultats précédents.

La distribution de nos couples de valeurs s'effectue selon le tableau ci-après :

(voir tableau page suivante)

Le coefficient de SPEARMAN r_s est dans ce cas égal à :

$$r_s = 1 - \frac{6 \varepsilon d^2}{n (n^2 - 1)}$$

avec notre échantillon n = 43

$$r_s = 1 - \frac{6 \times 5.666}{43 \times 1849 - 43} = \frac{33.996}{79.464}$$

$$r_s = 1 - 0,43$$

$$\boxed{r_s = 0,57}$$

Cette valeur de r_s est hautement significative puisque le seuil de signification = 0,01 à 0,393, pour 40 degrés de liberté.

b - D'autres constatations, plus générales se sont vérifiées dans ce travail :

α - $P_2 - \omega$ est toujours supérieur à 8/100° de seconde lorsque la pression artérielle pulmonaire est augmentée. Cet allongement de l'intervalle est dû à un déplacement vers la gauche du second bruit. Ce fait peut être vérifié en mesurant les espaces z - v et z - P_2 chez les sujets dont la fréquence cardiaque est voisine.

P_2 - v	rang	PS_{AP}	rang	d	d^2
0,5	1	14	1	0	
1	2	25	20,5	- 18,5	342,25
2	3,5	16	4,5	- 1	1
2	3,5	18	8	- 4,5	20,25
3	6	18	8	- 2	4
3	6	25	20,5	- 14,5	210,25
3	6	25	20,5	- 14,5	210,25
4	13	16	4,5	8,5	72,25
4	13	25	20,5	- 7,5	56,25
4	13	27	24,5	- 11,5	132,25
4	13	30	29,5	- 16,5	272,25
4	13	25	20,5	- 7,5	56,25
4	13	15	2,5	11,5	132,25
4	13	21	13,5	- 0,5	0,25
4	13	19	10	3	9
4	13	27	24,5	- 11,5	132,25
4	13	20	11,5	1,5	2,25
4	13	22	15,5	- 2,5	6,25
5	21	24	17	4	16
5	21	68	41	- 20	400
5	21	35	33,5	- 12,5	156,25
5	21	22	15,5	5,5	30,25
5	21	18	8	13	169
5,5	22	50	38	- 16	256
6	26	42	36	- 10	100
6	26	21	13,5	12,5	156,25
6	26	15	2,5	23,5	552,25
6	26	28	27	- 1	1
6,5	27,5	33	32	- 4,5	20,25
6,5	27,5	30	29,5	- 2	4
7	32	50	38	- 6	36
7	32	35	33,5	- 1,5	2,5
7	32	24	20,5	11,5	132,25
7,5	34	17	6	28	784
8	35,5	40	35	0,5	0,25
8	35,5	60	40	- 4,5	20,25
9	38	80	43	5	25
9	38	28	27	11	121
9	38	20	11,5	26,5	702,25
9,5	40	50	38	2	4
10	41	28	27	14	196
12	42	32	31	11	121
13	43	70	42	1	1
					5.666

Sur cinq cas de retrécissement pulmonaire orificiel, nous avons observé le raccourcissement habituel du temps de relaxation isométrique du ventricule droit. La durée de $P_2 - \nu$ nous est cependant apparue sur quelques cas, proportionnelle à l'importance de la pression systolique ventriculaire droite. Nous reviendrons sur ce point intéressant lors de l'analyse détaillée de nos autres résultats.

β - En l'absence d'insuffisance tricuspidienne, le creux x fut toujours plus profond que le creux y . Contrairement à certaines hypothèses, le rapport $\frac{a}{x}$ est extrêmement variable dans notre série et sans relation avec les pressions artérielles pulmonaires.

3 - Etude de cet échantillon avec notre méthode. Exploitation statistique des résutlats et calcul des droites de régression :

les valeurs de pressions systoliques ventriculaire droite et artérielle pulmonaire obtenues par cathétérisme et la valeur du rapport $\frac{P2 - \nu}{\frac{y}{x}}$ calculé sur le jugulogramme seront systématiquement analysées.

Dans chacun des cas, l'expression graphique des résultats permet de supposer l'existence d'une régression linéaire des deux groupes de données ; la variabilité la plus importante concerne les résultats les plus proches des pressions normales.

a - Pression systolique ventriculaire droite

α - Cas habituel (orifice artériel pulmonaire normal) Trente-huit sujets sur les quarante-trois étudiés sont concernés ; les cinq autres patients étaient porteurs d'un rétrécissement pulmonaire orificiel. Nous envisagerons leur petit groupe séparément.

La signification statiqtique de notre corrélation unissant la pression systolique ventriculaire droite PS_{VD} et le rapport $\frac{P_2 - \nu}{\frac{y}{x}}$ a été vérifié par :

- des test paramétriques complétés par le calcul de la droite de régression de la valeur $\frac{P2 - v}{\frac{y}{x}}$ selon la valeur de la PS_{VD},
- et par un test non paramétrique : calcul du coefficient de corrélation des rangs de SPEARMAN.

1° - Calcul du coefficient de corrélation r de notre échantillon :

Ce coefficient va nous permettre de calculer l'intensité de la liaison unissant nos deux variables.

Déjà l'allure de la représentation graphique des valeurs de $\frac{P2 - v}{\frac{y}{x}}$ selon la PS_{VD} est en faveur d'une régression linéaire ; la corrélation entre ces deux données semble d'autant plus forte que la pression ventriculaire droite est plus élevée.

Cette distribution de notre échantillon se fait d'une façon beaucoup moins anarchique que si l'on exprime PS_{VD} en fonction uniquement de $P2 - v$.

Si X représente la valeur de la pression systolique ventriculaire droite (PS_{VD}) et y le rapport $\frac{P2 - v}{\frac{y}{x}}$, l'analyse des trente-huit couples de valeurs. (N = 38) donne les résultats suivants :

$$\overline{X} = 36,50$$

$$\overline{Y} = 17,42$$

$$\sigma_x^2 = 275,39$$

$$\sigma_y^2 = 156,81$$

$$r^2 = 0,65$$

Le coefficient de corrélation r est dans ce cas égal à 0,80. Pour un nombre de degrés de liberté égal à 35 (d.d.l. = 35), ce résultat apparaît hautement significatif puisque la probabilité α est alors inférieure à 0,01 (pour d.d.l. = 35 la table donne, avec α = 0,01, r = 0,4182).

Nous avons donc avec notre échantillon suffisament de sujets pour pouvoir affirmer une étroite corrélation entre les valeurs choisies.

Par contre, l'importance de la dispersion des résultats est à l'origine d'une incertitude particulièrement grande si l'on essaie de relier les valeurs X et Y.

Dans notre série, les variances de X et de Y étant respectivement égales à 275,39 et 156,81, les écarts-types sont :

$$\sigma_x = 16,59$$

$$\sigma_y = 12,52$$

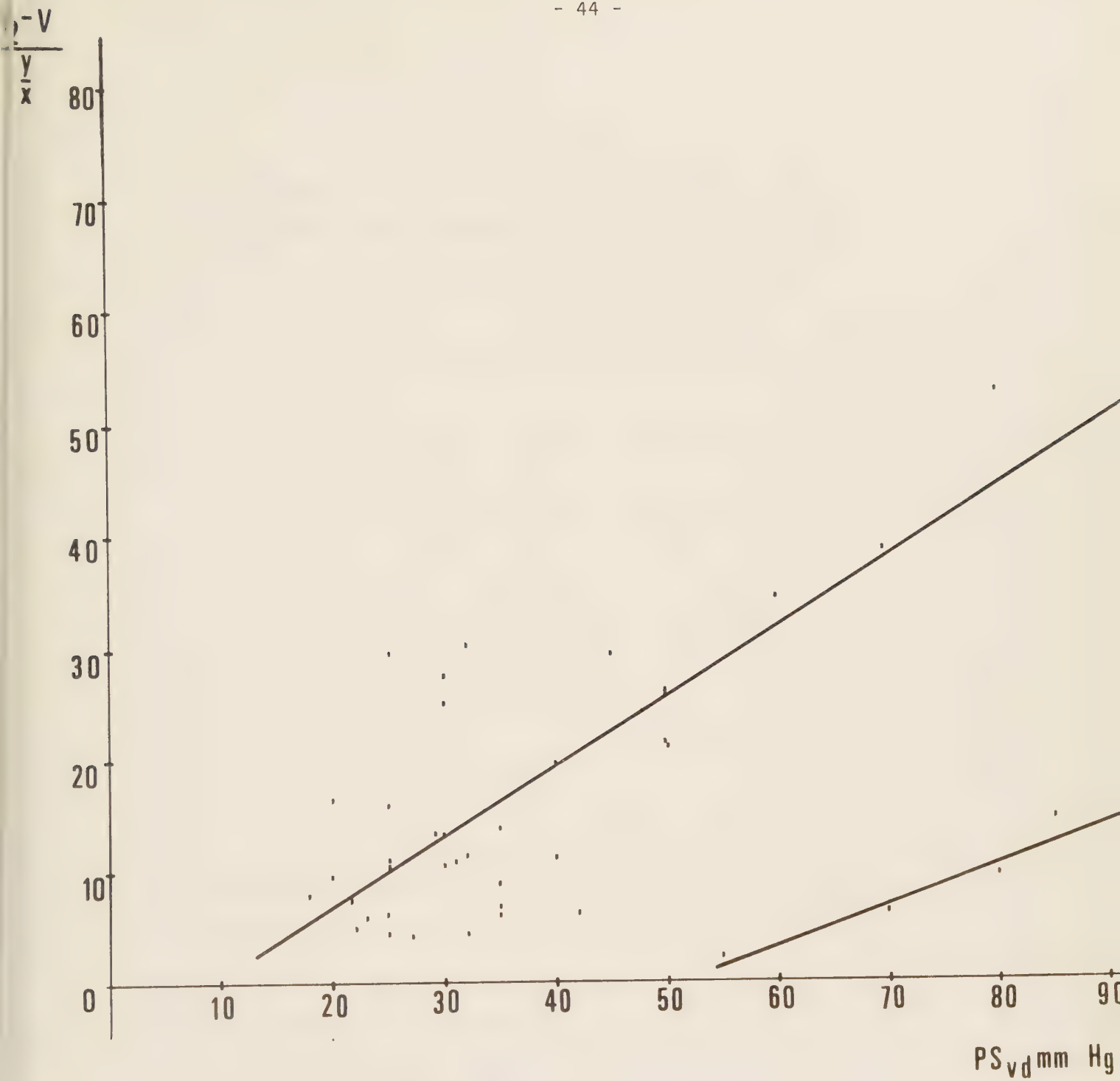
Le calcul de la droite de régression de $\frac{P_2 - \nu}{\frac{y}{x}}$ selon PS_{VD} permet d'établir une relation du type $Y = bX + a$ où les valeurs b et a sont respectivement égales à :

$$b = \frac{\varepsilon X Y - \frac{(\varepsilon X)(\varepsilon Y)}{N}}{\varepsilon X^2 - \frac{(\varepsilon X)^2}{N}}$$

$$a = \overline{Y} - b\overline{X}$$

le calcul permet d'obtenir :

$$\frac{P_2 - \nu}{\frac{y}{x}} = 0,61 \; PS_{VD} - 4,71$$



Régression du rapport $\frac{P_2 - V}{\frac{y}{x}}$ selon la valeur de la

Pression Systolique règnant dans le Ventricule Droit.

A : orifice pulmonaire normal

B : sténose orificielle pulmonaire

Il est nécessaire de tester la valeur b (=0,61) afin de prouver qu'elle diffère significativement de 0 ("test de l'hypothèse nulle"). Nous employons pour cela le test de Student :

$$t = \frac{b}{s_b}$$

La valeur s_b est calculée de la façon suivante :

$$\varepsilon_{d^2} = \varepsilon_{Y^2} - \frac{(\varepsilon y)^2}{N} - b \text{ (numérateur de b)}$$

$$s^2 = \frac{\varepsilon_{d^2}}{N - 2} = \frac{\varepsilon d^2}{36} = \frac{2.033,24}{36} = 56,48$$

$$s_b^2 = \frac{s^2}{\text{dénominateur de b}} = \frac{56,48}{10.189,50} = 0,01$$

$$s_b = \sqrt{s_b^2} = 0,1$$

$$t = \frac{0,61}{0,1} = 6,10$$

La table de t donne pour 35 degrés de liberté une probabilité α inférieure à 0,001, donc hautement significative (pour d.d.l. 35 la table donne avec $\alpha = 0,001$, $t = 3,591$)

Ainsi peut-on affirmer que la valeur b diffère significativement de 0 au seuil de $\alpha = 0,001$.

2° - Notre échantillon ne présente pas une distribution normale ; nous n'avons donc aucune raison de croire que la population sera gaussienne.

En effet, la majorité des sujets a une pression ventriculaire droite normale ou modérément élevée.

Cette constatation nous a incité à confirmer les résultats précédents par une méthode non paramétrique en calculant le coefficient de corrélation des rangs de SPEARMAN (r_s).

$\frac{P_2 - v}{y/x}$	rang	PS_{VD}	rang	d	d^2
4,21	1	27	13	- 14	196
4,65	2	25	10,5	- 8,5	72,25
4,71	3	32	21	- 18	324
5,13	4	22	4	0	0
5,97	5	23	5,5	- 0,5	0,25
6,25	6	25	10,5	- 4,5	20,25
6,40	7	35	24,5	- 17	289
6,59	8	42	29	- 21	441
7,06	9	23	5,5	3,5	12,25
7,41	10	35	24,5	- 14,5	210,25
8,50	11	18	1	10	100
8,93	12	35	24,5	- 12,5	156,25
9,09	13	20	2,5	10,5	110,25
10,71	14,5	25	10,5	4	16
10,71	14,5	30	16,5	- 2	4
11,11	16,5	25	10,5	6	36
11,11	16,5	31	19	- 2,5	6,25
11,43	18	32	21	- 3	9
11,82	19	40	27,5	- 8,5	72,25
13,46	20	28	14	6	36
13,79	21	30	16,5	4,5	20,25
14	22	35	24,5	- 2,5	6,25
16	23	25	10,5	12,5	156,25
16,98	24	20	2,5	21,5	462,25
20	25	40	27,5	- 2,5	6,25
21,43	26	50	32,5	- 5,5	30,25
22	27	50	32,5	- 4,5	20,25
25	28	30	16,5	- 11,5	132,25
25,93	29	50	32,5	- 3,5	12,25
26,39	30	50	32,5	- 2,5	6,25
27,78	31	30	16,5	14,5	210,25
29,41	32	45	30	2	4
30	33	25	10,5	22,5	506,25
30,77	34	32	21	13	169
34,78	35	60	35	0	0
39,39	36	70	36	0	0
50	37	92	38	- 1	1
52,94	38	80	37	1	1
					3.855,25

Par principe, le coefficient de la moyenne des rangs peut varier de - 1 (discordance complète) à + 1 (concordance complète).

(voir tableau page précédente)

La valeur r_s est donnée par la formule

$$r_s = 1 - \frac{6 \varepsilon d^2}{n (n^2 - 1)}$$

n étant le nombre de sujets (ici = 38)

Pour les différentes valeurs de PS_{VD}, nous obtenons :

$$r_s = 1 - \frac{23.131,50}{54.834}$$

$$r_s = 1 - 0,42$$

$$\boxed{r_s = 0,58}$$

Cette valeur de r_s est hautement significative puisque le seuil de signification = 0,01 à 0,418 pour 35 degrés de liberté.

Ainsi nous pouvons affirmer l'existence d'une étroite corrélation unissant la pression systolique ventriculaire droite et la valeur du rapport $\frac{P_2 - \nu}{\frac{y}{x}}$ calculé sur les enregistrements mécaniques externes.

b - Pression systolique ventriculaire droite et valeur de $\frac{P_2 - \nu}{\frac{y}{x}}$ dans le cas de rétrécissement pulmonaire orificiel.

Cinq de nos sujets étaient porteurs d'un rétrécissement pulmonaire (observation n° 2, 15, 28,29,31).

Leur représentation graphique est particulière ; elle s'éloigne nettement des valeurs calculées chez les patients à orifice pulmonaire normal.

Quatre de ces points (obs. 2, 15, 29, 31) sont pratiquement alignés et l'observation n° 28 évoque un résultat aberrant.

Un calcul du coefficient de corrélation de rangs peut être réalisé avec cinq couples de valeurs ; leur distribution est la suivante :

$\frac{P_2 - v}{\frac{y}{x}}$	rang	PS_{VD}	rang	d	d^2
2,17	1	55	1	0	0
4,76	2	130	5	- 3	9
6,45	3	70	2	1	1
9,09	4	80	3	1	1
14,93	5	85	4	1	1
					12

$$r_s = 1 - \frac{72}{120} = 1 - 0,60$$

$$r_s = 0,40$$

La corrélation pouvant lier ces cinq sujets n'est pas significative (r_s doit être égal à 1 pour être significatif au seuil de 5%).

Nous avons calculé la régression de $\frac{P_2 - v}{\frac{y}{x}}$ selon la valeur de PS_{VD} pour cet échantillon de quatre sujets (obs. 2, 15, 29, 31) ; le résultat n'est pas emprunt d'une grande valeur statistique :

$$\frac{P_2 - v}{\frac{y}{x}} = 0,38\ PS_{VD} - 19,56$$

Il serait intéressant de pouvoir le vérifier sur un plus grand nombre de sténoses orificielles pulmonaires.

c - Pression systolique artérielle pulmonaire :

Comme précédemment, nous avons effectué :

- un test de corrélation paramétrique complèté par le calcul de la régression de type Y = b X + a, suivi d'un test de la valeur b ;
- un test non paramétrique de corrélation des rangs de SPEARMAN.

α - Etude paramétrique de notre échantillon :

Quarante-trois couples de valeurs (N = 43), $\frac{P_2 - \nu}{\frac{y}{x}}$ et pression systolique artérielle pulmonaire (PS_{AP}), ont été étudiés.

Il s'agit des mêmes sujets que précédemment mais tous sont présents puisque l'existence d'une anomalie orificielle pulmonaire ne semble pas avoir ici d'incidence sur les résultats de notre corrélation.

1° - Calcul du coefficient de corrélation r de notre échantillon

L'existence d'une corrélation linéaire entre notre rapport et PS_{AP} est suggérée par l'allure de la représentation graphique de nos couples de valeurs.

Si X représente la PS_{AP} et Y représente $\frac{P_2 - \nu}{\frac{y}{x}}$, l'analyse des résultats est :

$$\overline{X} = 30,44$$

$$\overline{Y} = 16,26$$

$$\sigma_x^2 = 249,25$$

$$\sigma_Y^2 = 150,78$$

$$r^2 = 0,43$$

Le coefficient de corrélation r est dans ce cas égal à 0,66. Pour un nombre de degrés de liberté de 40 (d.d.l. = 40), ce résultat apparaît hautement signification puisque la probabilité α est alors inférieure à 0,01 (Dans la table, pour $\alpha = 0,01$, $r = 0,3932$).

Ceci nous permet d'affirmer que les données sont en nombre suffisant (43 couples de valeurs) pour pouvoir affirmer statistiquement cette étroite corrélation.

L'importante dispersion des valeurs des pressions systoliques artérielles pulmonaires les plus basses est source d'une incertitude particulièrement grande dans l'estimation de X et de Y.

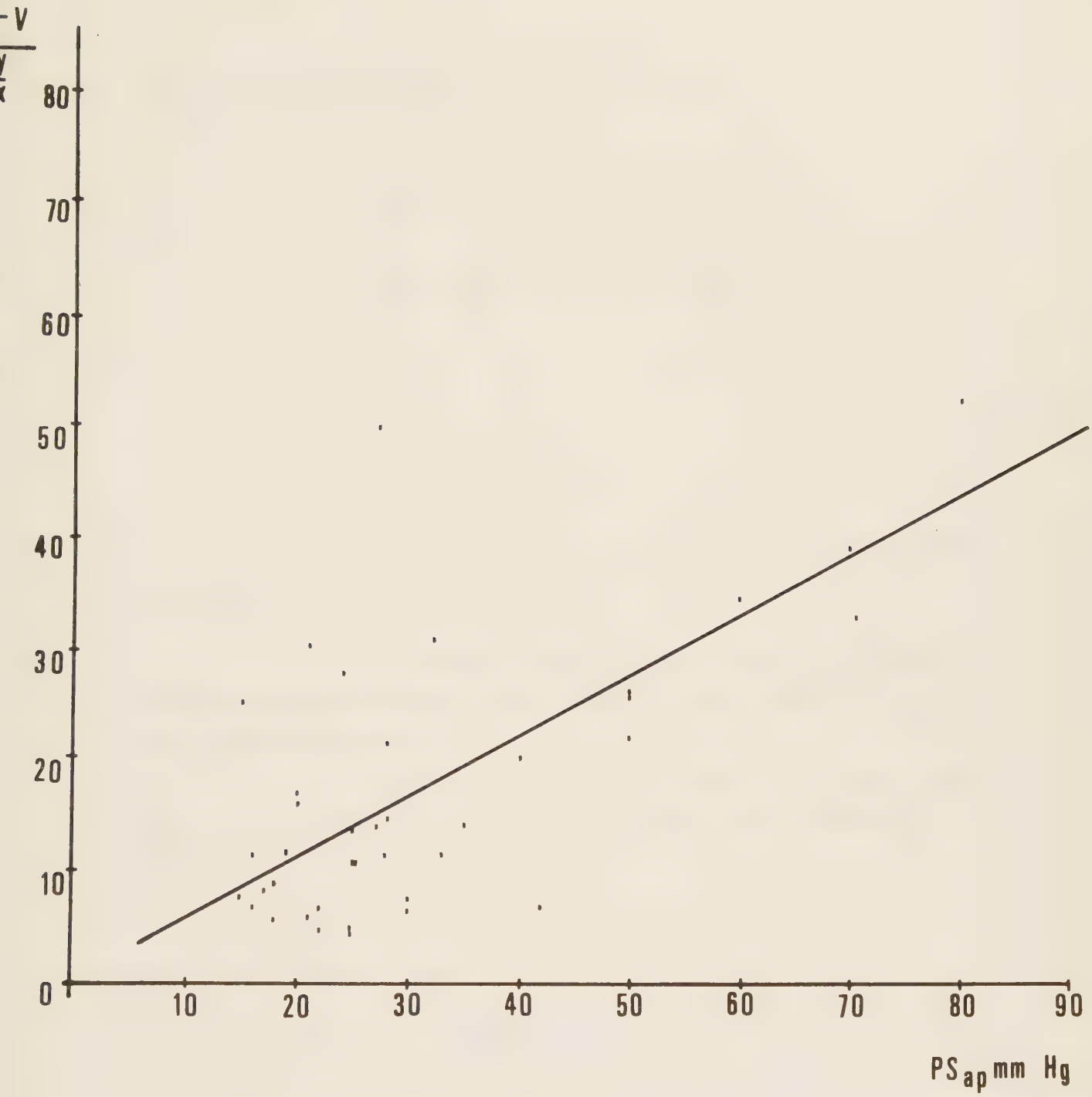
Les variances de X et de Y sont respectivement égales à 249, 25 et 150,78 ; la valeur des écarts-types est :

$$\sigma_x = 15,79$$

$$\sigma_Y = 12,52$$

2° - La droite de régression de $\frac{P_2 - v}{\frac{y}{x}}$ selon la pression systolique artérielle pulmonaire est du type $Y = bX + a$; le calcul nous permet d'obtenir le résultat suivant :

$$\frac{P_2 - v}{\frac{y}{x}} = 0,54\ PS_{AP} + 0,65$$



Régression du rapport $\frac{P_2 - V}{\frac{y}{x}}$ selon la valeur de la

Pression Systolique règnant dans l'Artère Pulmonaire

Le test de Student permet d'affirmer que la valeur de b (= 0,54) diffère significativement de 0 :

$$s^2 = \frac{\varepsilon d^2}{N - 2} = \frac{\varepsilon d^2}{41} = \frac{2592,59}{41} = 63,23$$

$$s_b^2 = \frac{s^2}{\text{dénominateur de b}} \qquad \frac{63,23}{10.468,60} = 0,01$$

$$s_b = \sqrt{s_b^2} = 0,1$$

$$t = \frac{b}{s_b} = \frac{0,54}{0,1} = 5,4$$

Valeur hautement significative car la table de t donne pour 40 degrés de liberté et pour $\alpha = 0,001$, $t = 3,551$.

β - A l'image des pressions systoliques ventriculaires droites, la répartition des pressions systoliques artérielles pulmonaires est déséquilibrée.

La corrélation entre les couples de valeurs a également été vérifiée par la méthode non paramétrique de SPEARMAN.

$$r_s = 1 - \frac{6 \varepsilon d^2}{n (n^2 - 1)}$$

n est égal à 43

$$r_s = 1 - \frac{35.202}{43 \times 1849 - 43}$$

Cette valeur de r_s est hautement significative puisque le seuil de signification est inférieur à 1 % (La table donne pour 40 d.d.l. un seuil de signification = 0,01 à 0,393).

Au terme de cette analyse statistique nous pouvons affirmer l'existence, au sein de notre échantillon, d'une

$\frac{P_2 - v}{y/x}$	rang	PS_{AP}	rang	d	d^2
2,17	1	14	1	0	0
4,21	2	25	20,5	- 18,5	342,25
4,65	3	22	15,5	- 12,5	156,25
4,71	4	25	20,5	- 16,5	272,25
4,73	5	18	8	- 3	9
5,13	6	18	8	- 2	4
5,97	7	21	13,5	- 5,5	30,25
6,25	8	22	15,5	- 7,5	56,25
6,40	9	30	29,5	- 20,5	420,25
6,45	10	16	4,5	5,5	30,25
6,59	11	42	36	- 25	625
7,06	12	15	2,5	9,5	90,25
7,41	13	30	29,5	- 16,5	272,25
8,50	14	17	6	8	64
8,93	15	35	33,5	- 18,5	342,25
9,09	16,5	18	8	8,5	72,25
9,09	16,5	25	20,5	- 4	16
10,71	18,5	25	20,5	- 2	4
10,71	18,5	25	20,5	- 2	4
11,11	20,5	16	4,5	16	256
11,11	20,5	28	27	- 6,5	42,25
11,43	22	19	10	12	144
11,82	23	33	32	- 9	81
13,46	24	25	20,5	3,5	12,25
13,79	25	27	24,5	0,5	0,25
14	26	35	33,5	- 7,5	56,25
14,93	27	28	27	0	0
16	28	20	11,5	16,5	272,25
16,98	29	20	11,5	17,5	306,25
20	30	40	35	- 5	25
21,43	31	28	27	4	16
22	32	50	38	- 6	36
25	33	15	2,5	30,5	930,25
25,93	34	50	38	- 4	16
26,39	35	50	38	- 3	9
27,78	36	24	17	16	256
29,41	37	68	41	- 4	16
30	38	21	13,5	14,5	210,25
30,77	39	32	31	8	64
34,78	40	60	40	0	0
39,39	41	70	42	- 1	1
50	42	27	24,5	17,5	306,25
52,94	43	80	43	0	0
					5.867

étroite corrélation entre la pression systolique artérielle pulmonaire et la valeur $\frac{P_2 - v}{\frac{y}{x}}$ calculée sur les enregistrements mécaniques externes.

4 - Commentaires

a - L'indice $\frac{P_2 - v}{\frac{y}{x}}$, ou " P_2 - v pondéré ", est dans notre groupe de patients, un fidèle reflet des pressions systoliques ventriculaires droites (PS_{VD}) et artérielles pulmonaires (PS_{AP}).

Nous avons groupé nos patients selon la cardiopathie causale .

En dehors des affections mitrales, le nombre de malades est insuffisant pour pouvoir calculer une corrélation.

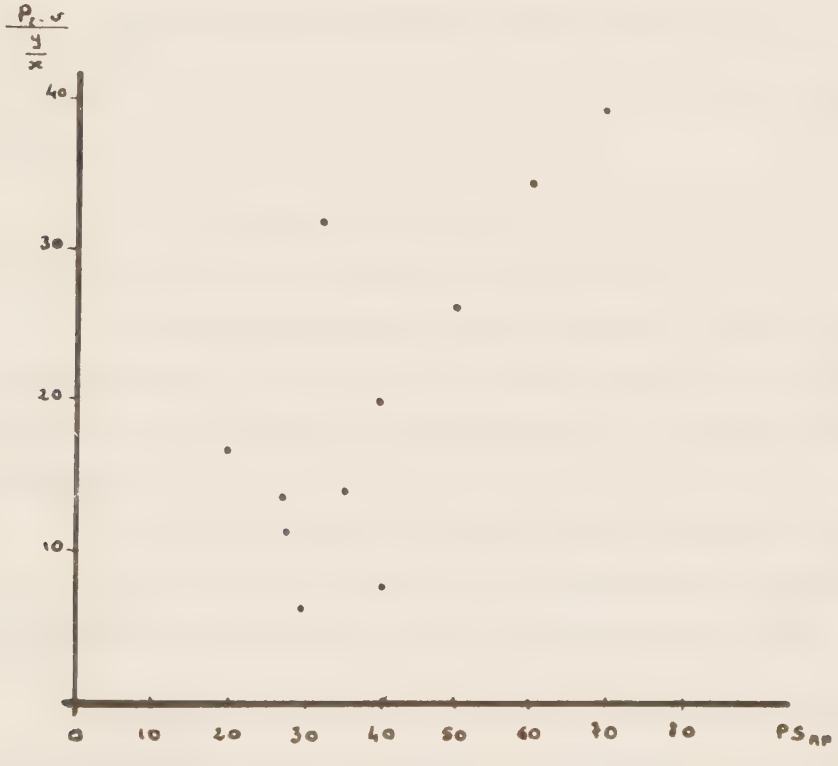
Onze sujets présentent une valvulopathie mitrale pure ou associée à une valvulopathie aortique. L'analyse statistique de cet échantillon par le test de corrélation des rangs de SPEARMAN ne permet pas de mettre en évidence une signification au seuil de 5 %.

$\frac{P_2 - v}{\frac{y}{x}}$	rang	PS_{AP}	rang	d	d^2
6,40	1	30	4	- 3	9
6,59	2	42	8	- 6	36
11,11	3	28	3	0	0
13,79	4	27	2	2	4
14	5	35	6	- 1	1
16,98	6	20	1	5	25
20	7	40	7	0	0
26,39	8	50	9	- 1	1
30,77	9	32	5	4	16
34,78	10	60	10	0	0
39,39	11	70	4	0	0
					92

$$t = 1 - \frac{6 \varepsilon d^2}{n (n^2-1)} = 1 - \frac{552}{1320} = 1 - 0,41$$

$$t = 0,59$$

Il est cependant interessant de noter qu'il paraît exister une correspondance plus nette pour des pressions artérielles pulmonaires situées au dessus de la normale.



$\frac{P_2 - v}{\frac{y}{x}}$ selon PS_{AP} dans les affections mitrales

b - La fiabilité des enregistrements mécaniques externes nous paraît conditionnée par plusieurs facteurs :

- l'entraînement de l'opérateur certainement,
- mais aussi l'utilisation d'un matériel plus élaboré tel que :

- enregistreur à six pistes,
- contrôle permanent des tracés sur oscilloscope,
- enregistrement à grande vitesse (100 mm/sec),

la lecture des tracés est ainsi facilitée, notamment la détermination exacte du début de P_2, souvent difficile à préciser sur un seul phonomécanogramme de référence.

c - Le principe de cette méthode d'estimation des pressions systoliques ventriculaire droite et artérielle pulmonaire doit trouver une application satisfaisante dans l'étude des enregistrements du flux veineux jugulaire.

Cette méthode, developpée par D. KALMANSON et coll. (20) utilise un fluxmètre ultrasonique directionnel à effet DOPPLER.

Le tracé obtenu peut être comparé à l'aspect "en miroir" du jugulogramme ; un artifice technique permet de "renverser" la courbe dont le tracé est alors superposable à l'enregistrement du pouls jugulaire.

Une étude restreinte selon cette technique ne nous permet pas encore de conclure mais il est certainement possible d'obtenir des corrélations précises avec l'hémodynamique droite.

Un apparaillage plus complet, des enregistrements de référence plus nombreux, des techniques plus précises permettent de penser que la mécanographie jugulaire restera une exploration cardiologique non sanglante d'un intérêt indiscutable. Si ces techniques ne peuvent en aucun cas suppléer à l'étude hémodynamique directe, elles ont leur place dans les examens paracliniques simples et répétitifs, permettant une estimation acceptable des pressions cardiaques droites de certaines cardiopathies.

CONCLUSION

L'étude de 43 enregistrements mécaniques externes soigneusement sélectionnés nous a permis de déterminer une corrélation, statistiquement très significative ($P < 0,01$), entre certaines données de ces tracés et les valeurs des pressions cardiaques droites obtenues par cathétérisme.

Ce travail appelle plusieurs remarques :

1 - La première, et non la moins importante, concerne les modalités se sélection de ces enregistrements mécaniques externes.

Il nous faut rappeler les critères d'inclusion dans l'étude :

- sujets en rythme sinusal dont le jugulogramme et l'exploration hémodynamique droite ont été pratiqués à moins de trois semaines d'intervalle (3,8 jours en moyenne),

- ces sujets ne doivent présenter ni atteinte tricuspidienne ni signe d'insuffisance cardiaque.

De nombreux tracés répondant aux exigences ci-dessus furent cependant écartés. La courbe du jugulogramme ne pouvait être valablement interprétée du fait le plus souvent d'un mixage carotidien mais aussi d'artéfacts de natures diverses.

Nous estimons dans cette série la proportion de jugulogrammes fiables à 57 % (76 dossiers ont été initialement sélectionnés). Cette dernière remarque s'accorde bien avec les résultats rapportés par les différents auteurs.

2 - Si le rapport $\frac{P2 - \nu}{\frac{y}{x}}$ fut choisi de façon empirique, il nous est apparu particulièrement logique a postériori. En effet,

nous avons montré que chacune des valeurs est directement en relation avec les pressions cardiaques droites de la population choisie :

- $P_2 - v$, ou phase de relaxation isovolumétrique du ventricule droit tend à s'allonger si la pression artérielle pulmonaire s'élève,

- la pression ventriculaire droite est directement proportionnelle à l'onde x du jugulogramme tandis que l'onde y lui est inversement proportionnelle.

Dans ces conditions, la fréquence cardiaque n'intervient pas dans l'expression du rapport.

3 - Nous avons ainsi recherché une corrélation entre cette valeur et la pression systolique du ventricule droit et de l'artère pulmonaire.

Le traitement statistique de cette étude a fait apparaître deux notions :

- l'une, attendue, souligne s'il en était besoin, l'imprécision de l'enregistrement mécanique externe ; l'intervalle de confiance de la moyenne de chaque valeur est particulièrement important,

- l'autre notion, moins évidente mais d'un haut intérêt, révèle l'existence d'une corrélation très significative ($p < 0,01$) entre la valeur $\frac{P_2 - v}{\frac{y}{x}}$ calculée sur le jugulogramme et les pressions systoliques ventriculaire droite (PS_{VD}) et artérielle pulmonaire (PS_{AP}).

Le calcul des droites de régression donne les résultats suivants :

$$P_2 - \nu = 0,09 \quad PS_{AP} + 2,78$$

$$\frac{P_2 - \nu}{\frac{y}{x}} = 0,61 \quad PS_{VD} - 4,71$$

$$\frac{P_2 - \nu}{\frac{y}{x}} = 0,54 \quad PS_{AP} + 0,65$$

- où $P_2 - \nu$ est exprimé en centièmes de seconde, y et x en millimètres, et les pressions en millimètres de mercure.

Accessoirement, sur quatre cas de rétrécissement pulmonaire orificiel, nous avons calculé une droite, sans aucune signification statistique, mais qui, pour notre échantillon, permet de prévoir la pression ventriculaire droite ; la pression artérielle pulmonaire se lit sur la courbe habituelle.

4 - Comme la plupart des auteurs s'étant interessés à ces liaisons entre les mécanogrammes et l'hémodynamique, nous pensons que ces méthodes de calcul peuvent être d'un apport non négligeable pour l'exploration non sanglante d'une cardiopathie (si elle satisfait par ailleurs aux conditions préalables d'inclusion).

Trois techniques améliorent la qualité des enregistrements :

- le contrôle permanent du tracé sur oscilloscope visualise les tracés et permet de les reproduire au moment opportun ;

- l'utilisation d'un appareil à six pistes fait ressortir au mieux l'accident ou la période à étudier ;

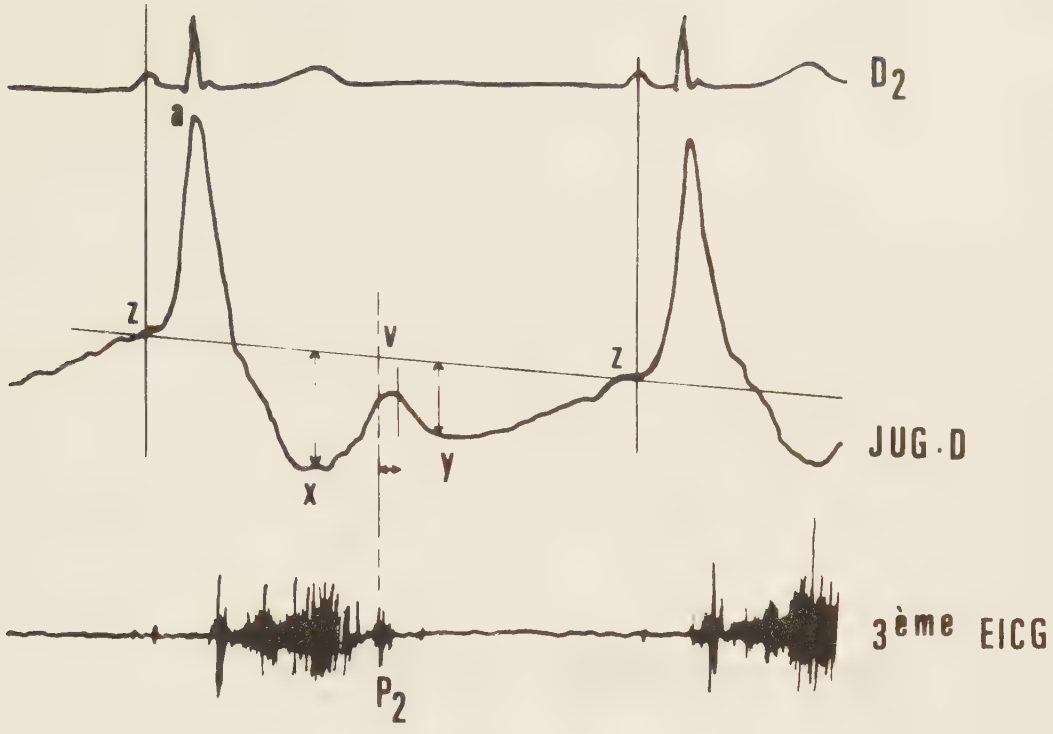
- l'enregistrement à grande vitesse améliore la lecture en l'absence d'artéfact.

5 - Enfin, si une telle mesure indirecte des pressions cardiaques droites ne pourra en aucun cas remplacer une exploration hémodynamique justifiée, elle nous apparaît digne d'intérêt dans la pratique quotidienne du jugulogramme et semble devoir permettre la surveillance du malade quand l'indication d'un cathétérsime n'a pas été posée.

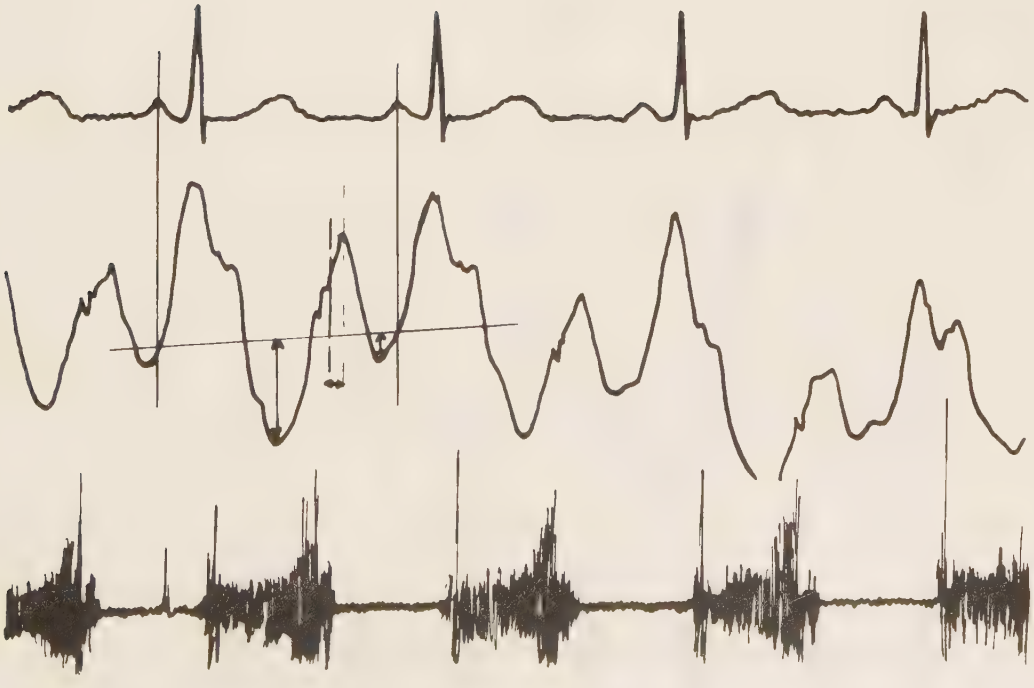
REPRODUCTION

DE QUELQUES UNS DE NOS

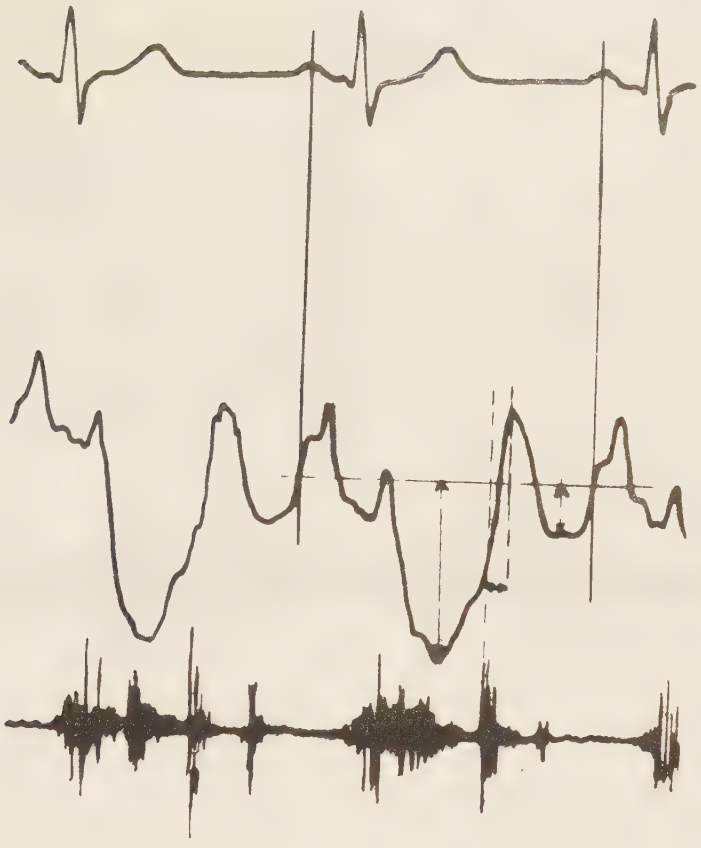
JUGULOGRAMMES



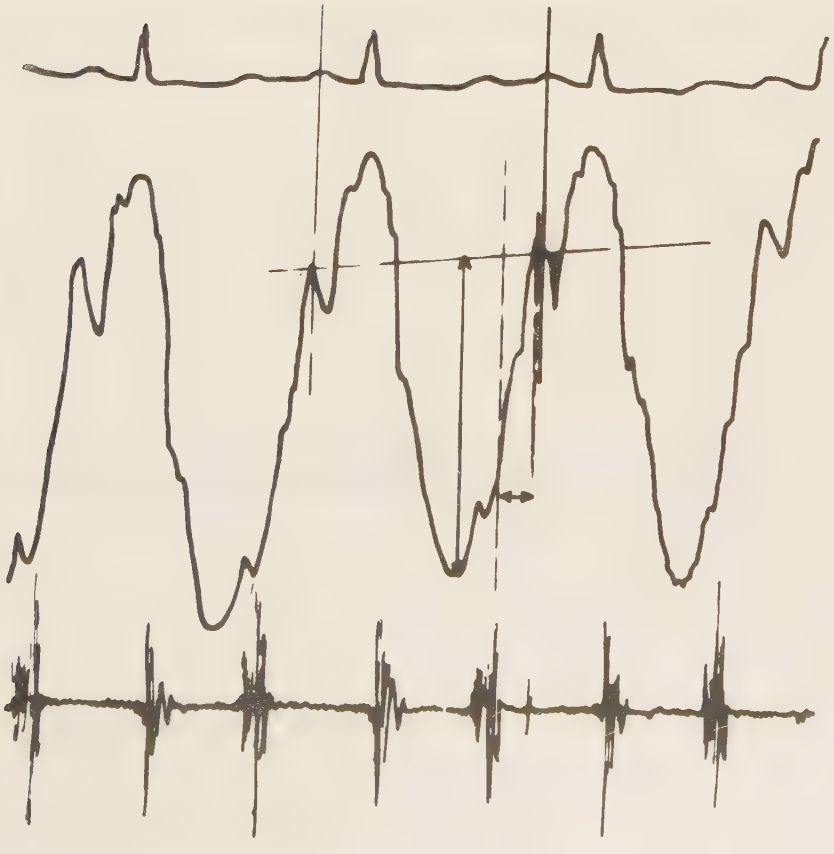
Observation N°2



Observation N°11

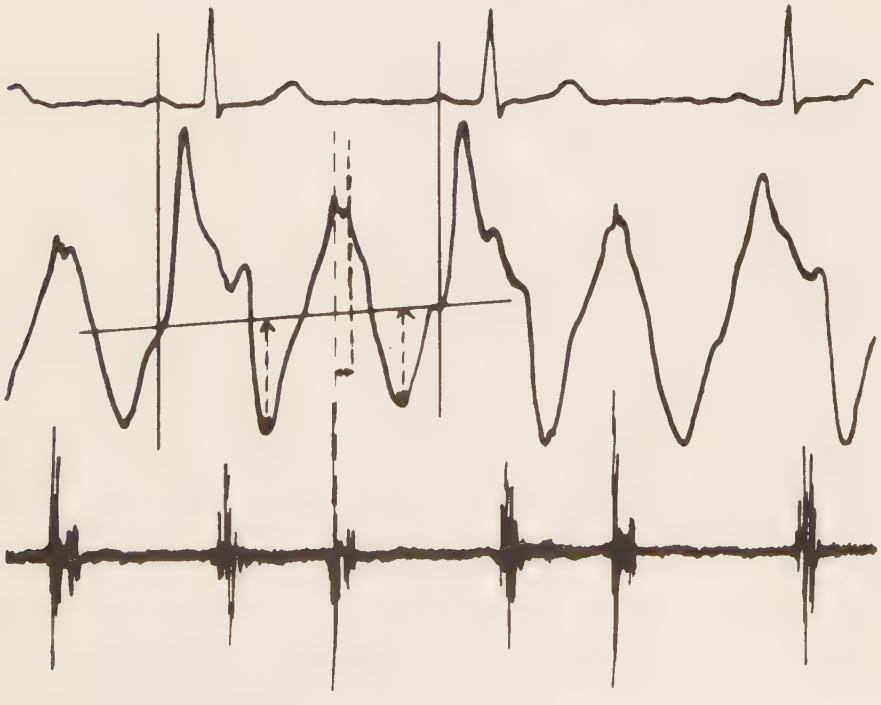


Observation N° 12



Observation N° 24

Observation N°38



Observation N°39

BIBLIOGRAPHIE

1 - ALTMANN (R.)

Der Venenpuls
Urban und Schwarzenberg, München und Berlin - 1956.

2 - BARAGAN (J.) et FERNANDEZ (F.)

Renseignements hémodynamiques fournis par les enregistrements phonomécanocardiographiques externes.
Rev. Prat. 1972 - 22 - 7S - 1143 - 1168.

3 - BAZZET (H.C.)

An analysis of the time - relations of the electrocardiograms.
Heart - 1920 - 7 - 353.

4 - BORY (M.)

Le jugulogramme. Son intérêt en cardiologie.
Thèse Méd., Marseille 1966 (226 ref.).

5 - BORY (M.), SERRADIMIGNI (A.), POGGI (L.), PINAS (E.) et AUDIER (M.)

Quelques réflexions à propos du jugulogramme.
Arch. des Mal. du coeur - 1967 - 60 - (9) - 1231 - 12.

6 - BURSTIN (L.)

Un nuevo metodo para la determinacion de la presion en arteria pulmonar por registros graficos externos
Memorias del IV Congreso Mundial de Cardiol. Tomo I B; 387 - 399 - Mexico, 1962.

7 - BURSTIN (L.)

Determination of pressure in the pulmonary artery by external graphic recordings.
Brit. Heart J. - 1967 - 29 - 396 - 404.

8 - DALLA VOLTA (S.)

Phonocardiography, its contribution to hemodynamics.
Memorias del IV Congreso Mundial de Cardiol., tomo I_B, p. 426 - Mexico 1962.

9 - DENOLIN (H.), POLIS (O.)

Le pouls jugulaire.
Rev. de Med. - 1965, 15, 881 - 886.

10 - EGGINK (A.A.)

De betekenis van de arteriele en veneuze pulsatie curven voor de diagnostiek van aangeboren hartzgebreken.
J. Ruysendal ed. , Amsterdam - 1959.

11 - FABRE (H.) et SALLES (F.)

Le cardiogramme apexien et le phlébogramme jugulaire.
Bordeaux Med. 1969, 4, 769 - 780.

12 - FAIVRE (G.), CHERRIER (F.), MULLER (L.)

La phonomécanocardiographie externe, ses applications cliniques.
L'expansion scientifique Française. Ed. Paris 1972.

13 - FERNANDEZ (F.), SCEBAT (L.) et LENEGRE (J.)

Etude de la corrélation entre la durée de la phase de relaxation isométrique du ventricule droit et la pression artérielle pulmonaire.
Mal. Cardiovascolari - 1968 - 9 - (4) - 509 - 520.

14 - FREDERICQ (L.)

Le pouls veineux.
Dict. Encycl. Sc. Med. Paris - 1886.

15 - GAMBOA (R.), GERSONY (W.M.), HUGENHOLTZ (P.G.) and NADAS (A.S.)

External measurement of the isovolumic relaxation phase as an indicator of pulmonary artery pressure in ventricular septal defect.
Am. J. Cardiol. - 1965 - 16 - 665.

16 - GREMY (F.) et SALMON (D.)

Bases statistiques pour la recherche médicale et biologique.
Dunod, éd., Paris - 1969.

17 - HARTMAN (H.), SNELLEN (J.A.)

Die klinische Bedeutung des Venenpulses.
Arztl. Forsch. - 1959 - 13 - 404.

18 - HARTMAN (H.)

The jugular veinous tracing.
Am. Heart. J. - 1960 - 59 - (5) - 698 - 717.

19 - HARTMAN (H.)

Simultaneous recording of phonocardiogram, veinous and arterial pulses, the apical cardiogram and the electrocardiogram.
Arch. Int. Cardiol. Mexico, 1961 - 31, 39.

20 - KALMANSON (D.), VEYRAT (C.) et CHICHE (P.)

Le retour veineux droit enregistré par voie transcutanée au niveau de la veine jugulaire interne chez le sujet normal.
Interprétation physiologique des courbes.
Soc. Med. Hop. Paris - 1968, 119, (11), 873 -889.

21 - KESTELOOT (H.)

Funcktion der zoek van rechter hart door pols en ictus-kurven.
Arcia Vitgaven N.V., Brussels - 1963.

22 - KESTELOOT (H.) et JOOSSENS (J.V.)

Le pouls veineux jugulaire. Confrontations hémodynamiques.
Poc. Third Europ. Symp. Ballistocardiography.
J. Rochet., éd., Brussels - 1963.

23 - LEATHAM (A.)

The secound heart sound. Key to auscultation of the heart.
Acta Cardiologica - 1964 - 19, 395.

24 - MACKENZIE (J.)

The study of the pulse arterial, veinous and hepatic and of the movements of the heart.
Y.T. Pentland, London - 1902.

25 - MEADE (T.W.), GARDNER (J.), CANNON (P.) RICHARDSON (P.S.)

Observer variability in recording the peripheral pulses.
Brit. Heart J. 1968, 30, 661 - 665.

26 - MIHOCZY (L.)

Comparative Heart catheterization and mechanographic examinations in pulmonary hypertension.
Ballistocardiography and Cardiovascular Therapy.
Proc. 2nd World Congr.
Ballistocard. cardiovasc., Dynamics, Oporto 1969 ; Bibl. cardiol. 26 : 303 - 31 (Karger, Basel/München/New-York 1970).

27 - POLIS (O.)

Les tracés de repérage du phonocardiogramme.
Mal. Card. 1961 - 2 - 159.

28 - PY (J.) et MEURIN (J.)

Phonocardiographie clinique et mécanocardiographie.
J.B. Baillière Ed. Paris 1972.

29 - SERRADIMIGNI (A.), POGGI (L.), BORY (M.), AUDIER (M.)

Les mécanogrammes.
Collection "Savoir Interpréter", Albert de Visscher
Ed. Compagnie Belge d'Editions et Librairie Maloine
Paris, 1967.

30 - SNEDECOR (G.W.) et COCHRAN (W.G.)

Méthodes statistiques.
Association de Coord. Tech. Agr., éd., Paris - 1971.

31 - SNELLEN (H.A.)

Méthodes destinées à remplacer le cathétérisme et à faire la présélection des cas pour le cathétérisme.
Sem. des Hop. 1958 - 17/18 - 1281.

32 - SNELLEN (H.A.)

La valeur des mécanogrammes pour l'interprétation hémodynamique du phonocardiogramme.
Arch. Mal. Coeur.- 1967, 60, (9) - 1265 - 1266.

33 - WIGGERS (C.J.)

The pressure pulses in the cardiovascular system.
Longmans, Green and Co., New-York. 1928.

Vu, le Président de Thèse

M. le Professeur DI MATTEO

Vu, le Doyen de la Faculté

NECKER-ENFANTS-MALADES

M. le Professeur JEROME

Vu et Permis d'Imprimer

Le Recteur de l'Académie de Paris

R. MALLET